

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky**

**Analýza možností snížení spotřeby energie při nasazení jednotek
armády v zahraničí
Analysis of Options to Reduce Energy Consumption at
Deployment of Troops Abroad**

Rok:2015/2016

Peter Mühl

Zadání bakalářské práce

Student: **Peter Mühl**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: Analýza možností snížení spotřeby energie při nasazení jednotek armády
v zahraničí
Analysis of Options to Reduce Energy Consumption at Deployment of
Troops Abroad

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. K čemu je potřeba elektrická energie na základnách armád
2. Možnosti získávání elektrické energie v misích
3. Analýza možných problémů spojených s výrobou elektřiny na místě
4. Analýza možností snížení spotřeby energie v misích

Seznam doporučené odborné literatury:

[1] Mastný, P. a kol. Obnovitelné zdroje elektrické energie, Praha: ČVUT Praha, 2011, ISBN 978-80-01-04937-2


Další literatura dle pokynů konzultanta.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Král, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 22. dubna 2016


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Královi, Ph.D. a odbornému konzultantovi Ing. Richardu Kuběnovi, Ph.D. za inspiraci a rady při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Jeden z nejhlavnějších problémů vojenských operací je spolehlivost zásobování základen elektrickou energií. Tento požadavek představuje jeden z klíčových předpokladů podílejících se na konečném výsledku úspěšnosti operace, poskytuje hnací sílu pro rozvoj a modernizaci energetiky, mobilních zdrojů energie a v neposledním řadě zvyšování pobytového komfortu vojsk. Decentralizované možnosti výroby z OZE mají obrovský dopad na bezpečnost a efektivitu armády.

Bakalářská práce definuje energetické požadavky pro provoz armádní základny a popisuje možnosti získání elektrické energie v misích. Vyhodnocením je analýza technických prostředků a technologií pro efektivní snížení spotřeby energie v armádních podmínkách. Bakalářská práce rovněž poskytuje ucelený přehled možností, jak snížit spotřebu elektrické energie na armádních základnách, který může být využitelný i při rozhodovacích procesech AČR.

Klíčová slova

elektrická energie, vojenská základna, zásobování, obnovitelné zdroje energie, armáda

Abstract

One of the main issues in military operations is reliable base supply of electric power. This requirement represents key presumption involved in final success of contingency operations, provides impellent motion for the development and modernization of energetics, mobile energy sources, and increases the comfort of residual soldiers. Decentralized production from renewable energy sources have huge impact on safety and efficiency of the army.

The bachelor thesis defines energy requirements for the operating military base and describes possibilities of energy production in military operations. Evaluation is analysis of technical appliances and technologies for effective reduction of energy consumption in military conditions. Thesis also provides comprehensive overview of possibilities, how to reduce energy consumption in military bases. This overview can also be used in process decisions of AČR.

Key words

electric power, military base, supply, renewable energy sources, army

Obsah

Seznam použitých symbolů.....	- 8 -
Seznam použitých zkratk.....	- 9 -
Seznam ilustrací a seznam tabulek.....	- 10 -
Úvod.....	- 11 -
1 K čemu je potřebná elektrická energie na základnách	- 12 -
1.1 Rozdělení částí armádní základny dle funkce	- 13 -
1.1.1 Bezpečnostní prvky základny	- 13 -
1.1.2 Stravování, ubytování, hygiena	- 14 -
1.1.3 Zřízení pro logistiku	- 15 -
1.1.4 Objekty sloužící k plnění úkolů.....	- 17 -
1.1.5 Komunikace.....	- 18 -
1.1.6 Objekty speciální.....	- 18 -
1.1.7 Zařízení pro volnočasové aktivity	- 19 -
2 Možnosti získávání elektrické energie v misích.....	- 20 -
2.1 Rozdělení získávání elektrické energie v misích podle dodavatele	- 20 -
2.1.1 Nákup elektrické energie od jiného dodavatele.....	- 20 -
2.1.2 Vlastní výroba elektrické energie	- 20 -
2.2 Rozdělení získávání elektrické energie podle zdroje energie	- 21 -
2.2.1 Neobnovitelné zdroje energie.....	- 22 -
2.2.2 Obnovitelné zdroje energie a technologie používané v armádě	- 23 -
3 Analýza problémů spojených s výrobou energie na místě	- 31 -
3.1 Problematika užití dieselových generátorů	- 32 -
3.2 Problematika využití solární energie.....	- 32 -
3.3 Problematika využití větrné energie.....	- 33 -
3.4 Problematika využití energie biomasy	- 33 -
4 Analýza možností snížení spotřeby energie v misích	- 34 -
4.1 Technologie a zařízení pro zvýšení energetické efektivity v misích.....	- 34 -
4.1.1 Modulární mobilní datové centrum.....	- 36 -
4.1.2 Alfons Mobile Energy Container	- 37 -
4.1.3 Solární stany	- 35 -
4.1.4 Osobní mobilní zdroje energie	- 38 -
4.1.5 Projekty Renew a Reduce	- 39 -
4.1.6 Elektrická vozidla v armádě	- 35 -
4.1.7 Hybridní tanky.....	- 34 -
4.1.8 Hybridní generátory	- 35 -
4.1.9 Inteligentní řídicí systémy	- 35 -
Závěr	- 40 -
Použitá literatura	I

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
I	A	Proud
K	[-]	Součinitel využití
P	W	Výkon
P_{CR}	W	Průměrný celoroční výkon
P_I	W	Instalovaný výkon
P_P	W _P	Špičkový výkon- wattpeak
U	V	Napětí
U_N	V	Nominální napětí
V	l	Objem
Z	[-]	Součinitel znečištění
W_R	Wh · r ⁻¹	Energie za rok
f	Hz	Frekvence
~	[-]	Střídavé napětí

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
AČR	Armáda České republiky
AMEC	Alfons Mobile Energy Container
BAE sys.	British Aerospace and Defense Company
CO₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DS	Distribuční síť
EOD	Explosive Ordinance Disposal
FV	Fotovoltaika
HDP	Hrubý domácí produkt
IR	Infrared
ISO	International Organization for Standardization
KEK	Kosovská energetická společnost
Kč	Česká koruna
LED	Light emitting diode
LOS	Průzkumný a pozorovací systém
LPG	Zkapalněný ropný plyn
MMDC	Modulární mobilní datové centrum
NSRDEC	Natick Soldier Research, Development and Engineering Center
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PHM	Pohonné hmoty
PTR	Pomalý termický rozklad
RCWS	Remote Control Weapon Station
REDUCE	Renewable Energy for Distributed Undersupplied Command Environments
RENEWS	Reusing Existing Natural Energy from Wind and Solar Read
SOM	Systém ostrahy a monitorování
TPF	Third Party Financing
USA	Spojené státy americké
ŽP	Životní prostředí

Seznam ilustrací a seznam tabulek

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
1.1	Celkový pohled na základnu Camp Bond-Steel v Kosovu	12
1.2	Možné složení obvodového perimetru základny	14
1.3	Energetické centrum 6 x 250 kVA	16
1.4	Klimatizovaný sklad potravin THERMOKING	17
1.5	Schéma základny s heliportem	18
1.6	Hřiště na základně U. S. Navy, Jebel Ali, Dubai	19
2.1	Rozdělení energetických zdrojů	21
2.2	Rozdělení solárních systémů dle způsobu využití energie	23
2.3	Blokové schéma FV systému typu Grid-off	25
2.4	Blokové schéma hybridního FV systému	26
2.5	Blokové schéma zapojení menší větrné elektrárny	28
4.1	Modulární mobilní datové centrum	36
4.2	Alfons Mobile Energy Container	37
4.3	Solární panel umístěný na batohu	38
4.4	Rozložená elektrárna RENEWS	39

Úvod

V rámci mezinárodního spojení se ČR podílí na zmírňování napětí v zájmových oblastech. Z této skutečnosti vyplývá situace, kdy jsou jednotky AČR nasazeny v cizím prostředí za účelem plnění zadaných úkolů po různě dlouhá časová období. Vzhledem ke vzdálenostem a formě úkolů je nezbytné vybudování dočasných základů.

Pro úspěšný provoz armádních základů a splnění taktických úkolů nasazených jednotek, je bezesporu nutné zajistit spolehlivé zásobování elektrickou energií. Použití velkých centralizovaných zdrojů, určených pro veřejnost je u většiny misí nemožné. Jednak jsou snadným strategickým cílem pro nepřátelská vojska, a jednak je stěží představitelné připojení armádní základny k DS v zemích jako je Afghánistán nebo Mali, kde není elektrická energie dostupná v celém průběhu dne pro běžné obyvatelstvo. Armádní vědci proto intenzivně pracují na vývoji technických prostředků pro výrobu energie z OZE přímo v místě spotřeby. Rozvoj energetických úspor i využívání alternativních zdrojů energie má zásadní význam pro vedení zahraničních operací. V Afghánistánu 50 % veškerého nákladu převáženého konvoji, představovalo palivo. Od roku 2010 došlo k stovkám útoků na palivové konvoje, které si vyžádali množství obětí. Některé studie uvádějí, že cena jednoho litru nafty pro použití v elektrických generátorech v Afghánistánu, vyjde až na 150 Kč/l.

Celá práce je rozdělena do několika částí, které zodpovídají problematice energetického zásobování vojenských základů. Předtím, než se budu věnovat analýze možností snížení spotřeby energie, je nutné popsat všechny aplikace, pro které je energie na základnách spotřebována. To odpovídá první části práce. Další části se pak věnují způsobům výroby energie v misích, a problematice spojené s výrobou energie z OZE.

Cílem této bakalářské práce je definování a analýza problematiky energetického zásobování armádních základů a otevření široké diskuze o možnostech, jak lze uskutečnit efektivní úspory energie a zahájit proces vytvoření konkrétního plánu, do kterého by byly zahrnuta řešení na mezinárodní, vnitrostátní a regionální úrovni, ale také na úrovni průmyslové výroby, aby zjištěné úspory byly zužitkovány prostřednictvím snížení spotřeby energie armády.

1 K čemu je potřebná elektrická energie na základnách

Kvalitně a účelně vybudovaná základna je nezbytná pro úspěšné splnění úkolů mise vojenskými jednotkami. Stává se místem, kde vojáci tráví většinu času, proto je nutné, aby splňovala všechny požadavky, které jsou na ni kladené. Musí umožňovat efektivní výkon služby i aktivní a pasivní formy odpočinku. [15] Jedním z nejpalčivějších problémů je zásobování odlehlých vojenských základů elektrickou energií. Pro zajištění provozu armádních základů je nutná elektrická energie téměř na všechny aplikace, pro osvětlení prostorů, napájení ventilace, vytápění, klimatizace - ochlazování, provoz datových serverů, počítačů, komunikačních sítí, radarů, zabezpečení základů, provoz parku techniky, chod ošetřoven a operačních sálů, zařízení pro volnočasové aktivity a mnoho dalšího. Vše potřebuje bezpodmínečně ke svému fungování elektrinu. Elektrická energie slouží pro zajištění základního, energetického i datového chodu.

Základní chod představuje napájení pro osvětlení a provoz prostorů velitelství, ubytoven, ošetřoven, kuchyň, operačních sálů, bezpečnostních a obranných prvků základny.

Energetický chod představuje provoz ventilace prostorů základny, vytápění prostorů, ochlazování prostorů pomocí klimatizace. Ochlazování klimatizovaných kontejnerů pro skladování potravin podléhajících rychlé zkáze.

Datový chod základny představuje zajištění elektrického napájení pro zařízení veškerého datového přenosu základny, datových serverů, informačních sítí, komunikačních sítí, radarů, počítačů.



Obrázek 1.1: Celkový pohled na základnu Camp Bond-Steel v Kosovu

1.1 Rozdělení částí armádní základny dle funkce

Vojáci sloužící v zahraničních misích musí plnit náročné a rozmanité úkoly. Podle požadavků mise je určen typ základny, která bude vybudována. Jinak bude vybudována předsunutá základna a jinak bude vybudována hlavní základna, logistická, letecká nebo základna určená pro vrtulníkovou jednotku. [3]

Určení typu základny je dáno mnoha parametry, nejdůležitější jsou: úkol, který mají jednotky plnit, délka trvání mise, předpokládaná délka pobytu vojsk, počet a složení jednotek, podmínky ve kterých jsou základny budovány (bezpečnostní, kulturní, podnební, atd.), použité konstrukce nebo technologie a finanční zdroje určeny pro výstavbu.

Rozdělení základny do elementárních částí je důležité pro vytváření návrhů metodik budování a logistiky základny. Je to v podstatě vstupní údaj pro analýzu částí vojenské základny, která je nezbytná pro bezchybný proces vybudování, udržování a energetického plánování základny. Pro všechny funkční celky základny je nutné zajistit zásobování elektrickou energií. Tyto celky je možné dále rozdělit do více jak 23 typů elementárních částí základny. [4]

Vojenská základna je rozdělována do sedmi celků dle funkčnosti:

- bezpečnostní obranné prvky základny,
- stravování, ubytování, hygiena,
- zařízení pro logistiku,
- objekty sloužící k plnění úkolů,
- komunikace,
- objekty speciální,
- zařízení pro volnočasové aktivity.

1.1.1 Bezpečnostní prvky základny

Vchody a vjezdy

Je to nezbytná součást každé základny. Vchody mohou být hlavní a záložní. Musí být vždy velmi dobře osvětlené, vybavené monitorovacím systémem s infračervenými čidly a detektory pohybu.

Do vybavení hlavního i záložního vchodu patří:

- strážnice hlavního vchodu vybavena komunikačním zařízením a otevíráním závor,
- pozorovatelná hlavního vchodu,
- palebné postavení s dálkově ovládanou zbraňovou stanicí (RCWS),
- komunikace,
- zátarasy, zpomalovací retardéry, závory, ochranné valy,
- nabíjecí a vybíjecí stanoviště,
- EOD pit.

Pohotovostní úkryt

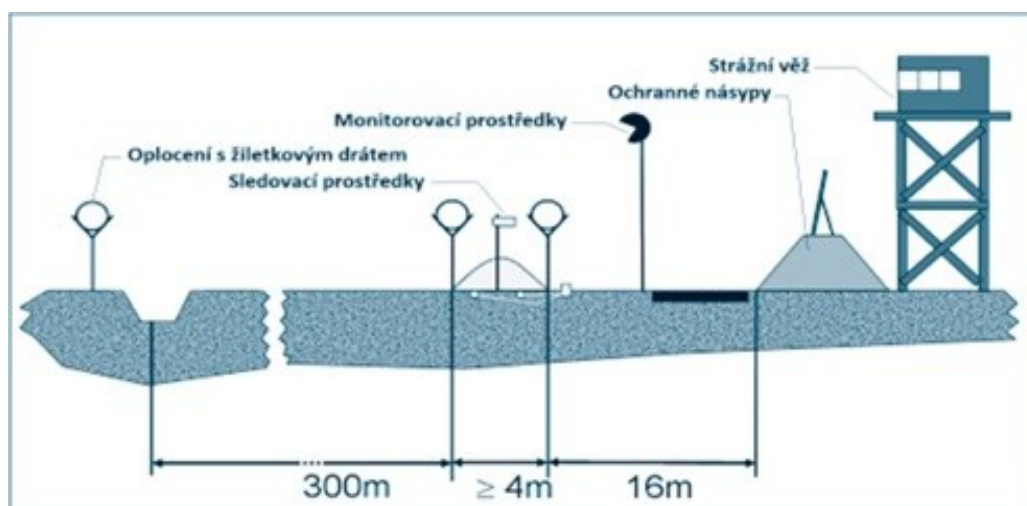
Je součástí vojenské základny, která má za úkol v případě napadení základny minimalizovat ztráty na životech. Proto je v případě bezpečnostního rizika spojeného s raketovými přepady a napadení jinými zbraněmi nutné v rámci budování základny, navrhnout pohotovostní úkryty v dostatečném množství. Pohotovostní úkryty jsou vybaveny radiokomunikací, filtrovou ventilací, jsou kvalitně osvětlené a je v nich zajištěna i určitá tepelná pohoda pro případ dlouhodobějšího pobytu.

Obvodový perimetr

Představuje základní bezpečnostní prvek základny. Je to oblast, kterou je nutno zabezpečit všemi dostupnými prostředky tak, aby nemohlo dojít k narušení prostoru základny nepřítelem. Obvodový perimetr je tedy velmi důležitý strategický spotřebitel elektrické energie. Možné složení obvodového perimetru můžeme vidět na obrázku 1.2.

Do obvodového perimetru patří:

- bariérová ochrana (zahrnuje zábranné systémy, obvodové ochrany, drátěné zátarasy, oplocení, ochranné valy ze zeminy, ochranné valy),
- perimetrická ochrana (zahrnuje strážní věže, systém průmyslových kamer, plotová vibrační čidla, mikrofonní kabely, diferenciální tlaková čidla, seizmická čidla, pasivní IR čidla, aktivní IR čidla, laserové závory, laserové lokátory, radiolokátory, mikrovlnná čidla, ultrazvuková čidla, systém ostrahy a monitorování SOM, průzkumný a pozorovací systém LOS),
- ochrana budov (zahrnuje ochranu pomocí pytlů s pískem, železobetonových ochranných valů atd.).



Obrázek 1.2: Možné složení obvodového perimetru základny

1.1.2 Stravování, ubytování, hygiena

Stravovací zařízení je důležitá část vojenské základny. Pro účely stravování jednotky je navrhována a budována jídelna a varna, která vyhovuje hygienickým požadavkům, stavební konstrukcí, dispozičnímu uspořádání, zásobování vodou, vytápění. [6] Elektřina slouží pro napájení osvětlení, větrání prostorů, provoz kuchyňských spotřebičů, případně pro provoz čističky odpadových vod.

Jídelna je obvykle budována jako:

- jídelna ze stanové konstrukce je nejčastější aplikace, s nevýhodou zajištění odpovídající tepelné a světelné pohody pro stravované jednotky,
- jídelna sestavená z ubytovacích kontejnerů při dlouhodobém nasazení,
- jídelna ze dřevěné nebo stávající zděné konstrukce.

Ubytování

Pro ubytování mužstva se využívá společného velkokapacitního ubytování (stany pro více lidí), nebo jednotlivých ložnic pro vojáky sestavené do bloků.

Pro účely ubytování mužstva mohou být použity následující konstrukce:

- stanové konstrukce jsou nejčastější aplikace, s nevýhodou zajištění odpovídající tepelné a světelné pohody pro ubytované jednotky,
- ubytovací kontejnery,
- kontejnery s vylepšenou konstrukcí,
- dřevěné konstrukce,
- stávající zděné, železobetonové budovy.

Zdravotně technické zařízení

Zdravotně technické zařízení je další nezbytná součást každé základny, vyžadující stabilní a spolehlivé napájení elektrickou energií.

Jedná se zejména o tyto součásti:

- kontejnery nebo dřevěné domky se sociálním zařízením (WC, sprcha),
- prádelny,
- jímka pro odvod splaškové vody,
- zásobníky na vodu,
- polní nemocnice v provedení kontejnerové nebo stanové konstrukce,
- objekty pro dekontaminaci osob,
- sanační prostory.

Čistička odpadních vod

V případě, že bude navrhována základna většího rozsahu, je vhodné v rámci přípravných prací uvažovat o zřízení čističky odpadních vod. V případě odvedení splaškové vody z jednotlivých zařízení (kuchyně, WC, sprchy), může být tento problém řešen pomocí speciálních kontejnerů na splaškovou vodu. Tyto kontejnery jsou pak vyváženy mimo základnu, jedná se však o logisticky náročné řešení využívané pouze v nutných případech. V případě základny velkého rozsahu je však ekonomicky, hygienicky a ekologicky výhodnější zřízení čističky odpadních vod.

1.1.3 Zřízení pro logistiku

Muniční sklad

Pro budování muničního skladu se využívá zejména ISO kontejner 1 C. Muniční sklad je vždy doplněn o prvky, které se používají i u obvodového perimetru. Jedná se o ochranné valy. Sklad je vybaven bezpečnostními prvky, jako například průmyslový monitorovací systém.

Park techniky

Rozsah budování parku techniky je závislý na typu a velikosti základny, která bude plnit úkol a zejména na technice, která bude na základně umístěna.

Park techniky obsahuje:

- opravy lehké a těžké techniky,
- vyprošťovací družstvo (zázemí),
- místo pro údržbu techniky.

Energetické centrum

Jedná se o místo, které soustřeďují elektrocentrály a OZE do jednoho celku, pomocí synchronizace sítě. Tím je v podstatě umožněno připojení základny na jeden zdroj. Vždy jde o soubor elektrocentrál, včetně místa pro zásobníky PHM pro elektrocentrály. Ty jsou určeny zejména pro osvětlovací účely, k napájení radiostanic a zdravotnických zařízení, k pohonu motorů nebo jiných elektrických zařízení. Celé toto místo je chráněno prvky obvodového perimetru – ochrannými valy. Možné uspořádání generátorů je vidět na obrázku 1.3.



Obrázek 1.3: *Energetické centrum 6x 250 kVA*

Zdravotnické pracoviště

Praporní obvaziště slouží pro ošetření vojáků. Dle velikosti základny může být doplněno o stomatologické pracoviště a operační sál. Zdravotnické pracoviště je důležitý odběratel elektrické energie, musí být vybaven záložním naftovým generátorem pro nouzový režim v případě výpadku dodávky elektrické energie.

Praporní obvaziště se skládá z těchto částí:

- pracovní a ubytovací prostor zdravotnického personálu,
- stomatologické pracoviště,
- síť (voda, elektřina, kanalizace),
- márnice pro uložení těl padlých vojáků.

Skladové prostory pro pohonné hmoty

V rámci parku techniky je řešen prostor pro uskladnění pohonných hmot a maziv. Prostor je doplněn o prvky z obvodového perimetru (ochranné valy, monitorovací systém). Ochranné valy obestavují prostor pro kontejnery na PHM tak, aby v případě možného výbuchu byla tlaková vlna svedena mimo ubytovací a pracovní prostory. Elektřina je využívána pro osvětlení a zabezpečení funkcí obvodového perimetru.

Skladový prostor pro PHM je složen z těchto částí:

- uskladnění PHM a maziv,
- kanceláře náčelníka PHM,
- ochranný perimetr,
- čerpací jednotka.

Skladové prostory

Rozsah skladových prostor je závislý na velikosti základny, počtu vojáků, určení funkce základny, počtu techniky a podobně. Skladové prostory využívají elektřinu pro osvětlení, chlazení, a prvky obvodového perimetru (monitorovací systémy, požární senzory).

Skladové prostory se dělí do těchto částí:

- uskladnění potravin nepodléhajících rychlé zkáze,
- uskladnění potravin podléhajících rychlé zkáze do klimatizovaných kontejnerů (obr. 1.4),
- sklady logistiky (tankový, automobilní, ubytovací, výstrojný materiál).



Obrázek 1.4: *Klimatizovaný sklad potravin THERMOKING*

1.1.4 Objekty sloužící k plnění úkolů

Místo velení

Místo velení je nezbytnou součástí každé základny. Použité konstrukce a rozsah vybavení místa velení záleží na typu základny a předpokládané době působení jednotek v oblasti. V nejjednodušším případě může být místo velení řešené pomocí stanové konstrukce, nebo se může jednat o ubytovací buňky, popřípadě zděné budovy. Zásobování elektrickou energií je využíváno pro napájení osvětlení, prvků obvodového perimetru, provoz datové a rádiové komunikace.

Místo velení se zřizuje pomocí:

- mobilní velitelské stanoviště umístěné na platformě nějakého vozidla,
- stanové konstrukce,
- ubytovacích kontejnerů,
- dřevěné zateplené konstrukce,
- stávající zděná konstrukce.

1.1.5 Komunikace

Radiokomunikační centrum je srdcem každé základny, vždy se jedná o rozsáhlé a pro zásobování elektrickou energií náročné centrum, ve kterém jsou umístěny vysílačky, satelitní komunikace, servery pro přenos dat, a jiné technické prostředky. Velikost, konstrukce, a rozsah vybavení záleží na typu základny. Slouží pro komunikaci s pozemními i vzdušnými jednotkami. Je propojeno s radary a datovými centry. Datové centrum je používáno pro zabezpečení datového přenosu základny a sdílení dat. Obsahuje datové servery, počítače. Může být vyhotoveno jako MMDC s kontejnerovým provedením. Dražší verze disponují vlastním generátorem.

1.1.6 Objekty speciální

Technické zázemí pro vrtulníkovou jednotku

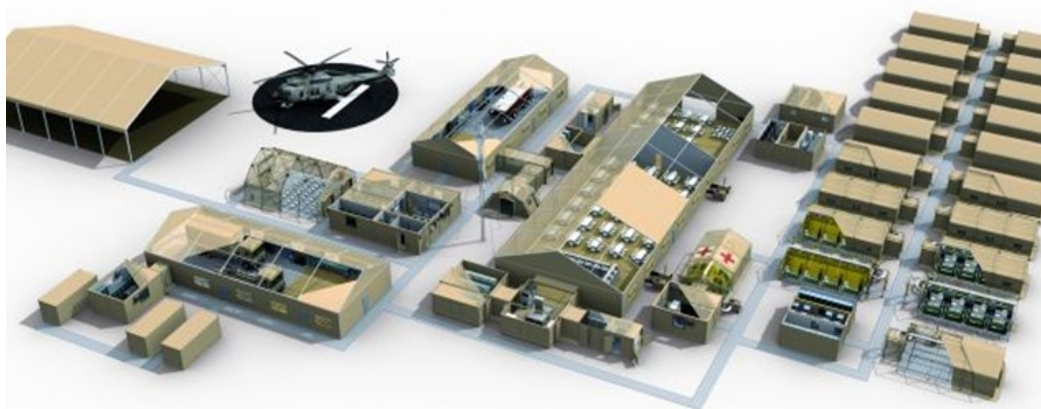
Technické zázemí se buduje v případě, že jde o základnu s vrtulníkovou jednotkou. Jedná se o komplex prostorů, určených pro letecký i pozemní personál.

Technické zázemí se skládá z těchto částí:

- pracovní prostory pro velitele, členy letky, meteorologickou službu,
- operační místnost a zasedací místnost,
- prostory pro technický personál vrtulníkové jednotky,
- zvláštní prostory, které jsou určeny pro uskladnění různého materiálu, nutného pro vrtulníkovou jednotku,
- prostory pro údržbu vrtulníkových součástí, včetně skladovacích prostor,
- klimatizované skladové prostory pro uložení padáků,
- kontejnery pro uložení vrtulníkových kanónů a munice.

Heliport

Je to prvek, který je na základně zřízen vždy. Heliport je určen zejména pro leteckou záchrannou službu. V případě, že se na základně nachází vrtulníková jednotka, je vždy budován jeden heliport navíc pro leteckou záchrannou jednotku. Označení jednotlivých heliportů musí být zřetelné, zejména hlavní heliport musí být označen velkým písmenem H, o velikosti, která viditelně předčí ostatní heliporty, tak aby nebylo možné tento heliport zaměnit s ostatními, určenými pro vrtulníky vlastní základny. [5] Možné složení základny s heliportem je vidět na obrázku 1.6.



Obrázek 1.5: Schéma základny s heliportem

Požární jednotka

Toto stanoviště je budováno v případě přítomnosti vrtulníkové jednotky na základně. Požární jednotka se buduje v bezprostřední blízkosti heliportů tak, aby nezasahovala do bezpečných prostor pro vzlet a přistání. Jedná se o prostor pro požární jednotku, která slouží 24 hodinový směnový provoz.

Požární jednotka se skládá z těchto částí:

- prostory pro stálou směnu,
- pracovní prostory pro velitele a členy požární jednotky,
- prostor pro parkování hasičské cisterny,
- prostor pro uskladnění vody.

Střelnice

Střelnice je určena pro výcvik jednotek. Buduje se většinou v prostoru základny, v případě menších základen je vybudována mimo areál.

Střelnice se skládá z následujících částí:

- prostory pro mířenou střelbu,
- speciální prostory imitující místnost, složené z ochranných valů,
- ochranný perimetr střelnice.

1.1.7 Zařízení pro volnočasové aktivity

Prostory pro volnočasové aktivity jsou určeny pro odreagování jednotek a eliminaci stresu.

Po prostorech stravovacích, ubytovacích a zdravotnických, se jedná o další nutný element každé základny. Lze je rozdělit na prostory pro aktivní odpočinek a prostory pro pasivní odpočinek.

Prostory pro volnočasové aktivity se skládají z následujících částí:

- hřiště (fotbal, volejbal, basketbal apod.),
- posilovna, knihovna, klubovna,
- rekreační budova s počítači, telefony a přístupem na internet.



Obrázek 1.6: Hřiště na základně U. S. Navy, Jebel Ali, Dubai

2 Možnosti získávání elektrické energie v misích

Americké ministerstvo obrany má pro zahraniční mise v Afghánistánu a Iráku rozpočty oddělené od oficiálního rozpočtu amerického ministerstva obrany. V roce 2010 to bylo rekordních 162 mld. dolarů, pro představu 3,8 bil. Kč, 85 % ročního HDP ČR z roku 2015. Velká část z tohoto rozpočtu je určena pro zásobování základen energií a palivem. Závislost na zásobování palivem představuje bezpečnostní riziko, například během přesunu zásobovacích konvojů. Ministerstvo obrany USA se tak soustředí na změnu využívání energie ve vojenských operacích a zásobování základen směrem k větší soběstačnosti a efektivnějšímu využití. Na letecké základně Davis-Monthan, Tucson je vybudována solární elektrárna s výkonem 16,4 MW, která pokrývá 35 % celkové spotřeby elektřiny základny a ušetří ročně 0,5 mil. dolarů. Také německé spolkové ministerstvo obrany usiluje o zvýšení podílu výroby energie z OZE v armádě o 20 % do roku 2020. [19]

Rozmanitost způsobů získávání elektrické energie v armádních operacích je velice omezená, to je dáno hlavně charakterem misí. V mírových misích je možnost získávání elektrické energie z veřejných zdrojů nákupem od jiného dodavatele, což představuje hlavně logistickou a cenovou výhodu. V operacích, kde není možnost nákupu elektrické energie od dodavatele, je nutnost získávat energii z lokálních mobilních elektráren. V současné době elektrickou energii v zahraničních armádních misích nejčastěji vyrábějí generátory na fosilní paliva, které ke svému fungování potřebují palivo. Nezbytná úspora financí je hnací silou pro rozvoj nových způsobů výroby energie z OZE.

2.1 Rozdělení získávání elektrické energie v misích podle dodavatele

Jednotky působící v mnohonárodních operacích mohou získávat elektrickou energii dvěma základními způsoby:

2.1.1 Nákup elektrické energie od jiného dodavatele

Kde je to možné a ekonomicky výhodné, doporučuje se realizovat energetickou síť tábora připojením k DS jiného dodavatele. Obvykle to je civilní komerční dodavatel nebo státní organizace. Není účelem této práce specifikovat, jak elektřinu vyrábí. Rozhodující je její cena, spolehlivost dodávek a dlouhodobá udržitelnost. Zajištění zásobování elektrickou energií nákupem od dodavatele bylo realizováno například na základně KAIA v Afghánistánu, nebo na bývalé základně Šajkovac v Kosovu, od kosovské energetické společnosti KEK.

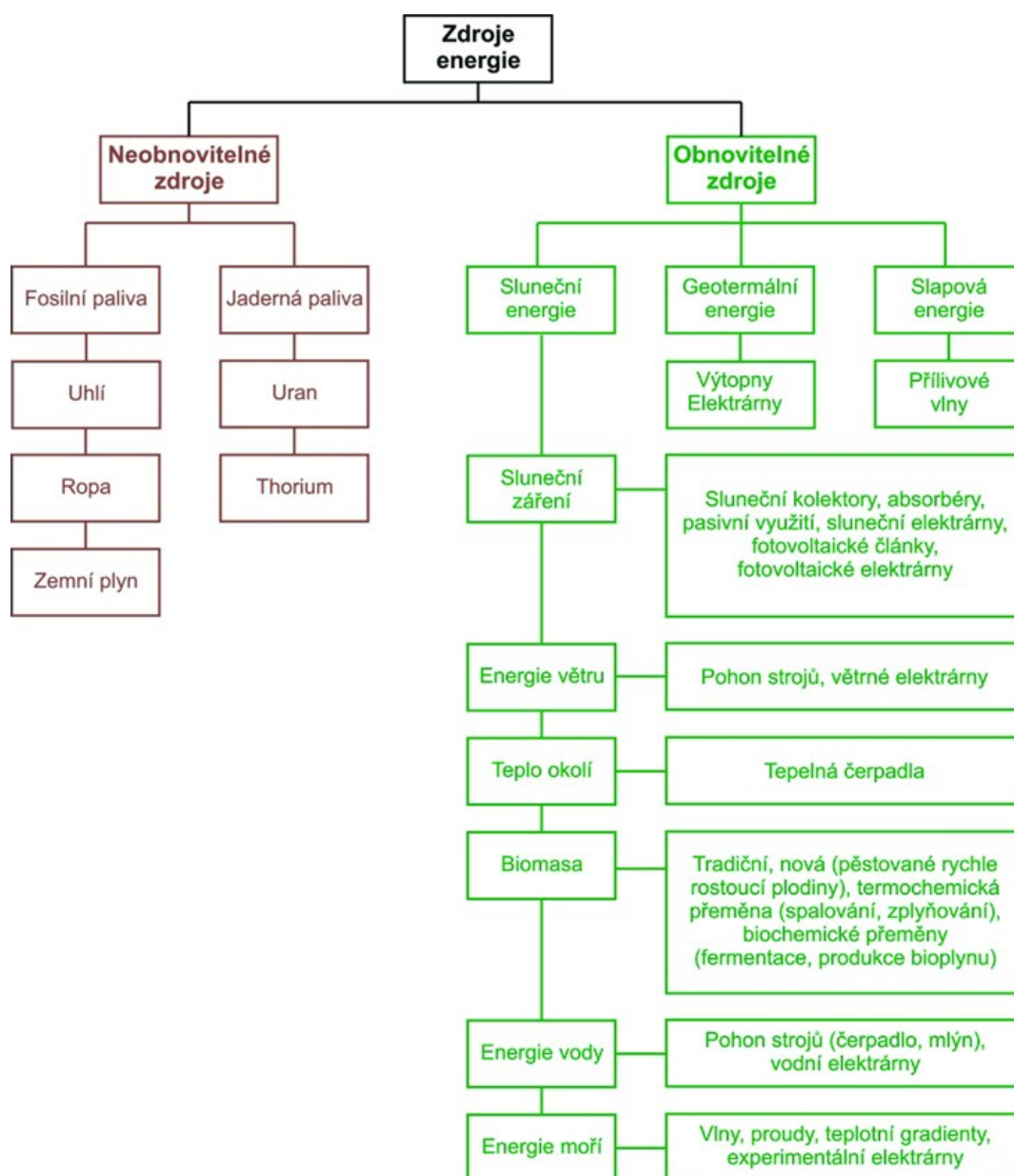
2.1.2 Vlastní výroba elektrické energie

Vlastní výroba energie je v operacích, které umožňují nákup elektřiny od dodavatele, využívána jenom jako záložní. V misích, kde není možné zásobování z veřejné DS, ať už z jakýchkoli důvodů, se využívají prostředky pro nouzové zásobování elektrickou energií všemi druhy vojsk. Zcela nepostradatelné jsou elektrocentrály na mobilních základnách, v záchranných a krizových útvarech, a jako záložní zdroj energie téměř na všech základnách.

Výrobu elektrické energie je možno uskutečnit vlastními nebo pronajatými prostředky. Význam vlastní výroby elektrické energie narůstá v případě operací, kde jsou jednotky vystaveny konfliktům v teritoriích, kde se nelze spoléhat na hostitelský stát, civilního dodavatele, nebo samotnou existenci veřejné DS a jednotky působí bez výraznější pomoci.

2.2 Rozdělení získávání elektrické energie podle zdroje energie

Na obrázku 2.1 je vidět rozdělení obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie.



Obrázek 2.1: Rozdělení energetických zdrojů

Definice podle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů: „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie, větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.“

2.2.1 Neobnovitelné zdroje energie

Za neobnovitelný zdroj energie považujeme takový zdroj energie, jehož vyčerpání je předpokládáno v horizontu maximálně stovek let, ale jeho případné obnovení by trvalo mnohonásobně déle. Jak je znázorněno na obrázku 1.7, mezi neobnovitelné zdroje energie patří fosilní a jaderná paliva. V armádních operacích je z neobnovitelných zdrojů využívána primárně ropa ve formě paliva - nafty a benzínu, u kogeneračních jednotek je využíván i zemní plyn. Vznik ropy obvykle doprovází i vznik zemního plynu, který se téměř vždy nachází hned nad ložiskem ropy. [1]

2.2.1.1 Ropa

Ropa je jedno z nejdůležitějších fosilních paliv současnosti. Má velký podíl na světové energetice, přibližně 30 % a její současná těžba je kolem 3,5 mld. tun ročně. Malá část je využívána jako důležitá surovina v chemickém průmyslu. Většinová část, přibližně 90 % se použije v energetice a jako pohonné hmoty do automobilů a agregátů na výrobu elektrické energie.

Dieselagregáty

Elektrocentrály jsou přenosná zařízení pro výrobu střídavého proudu. V současnosti se jedná o nejrozšířenější mobilní prostředky, využívající k výrobě elektrické energie spalování fosilních paliv. Význam těchto zařízení je v jejich rychlé a spolehlivé dodávce elektrické energie, trvalé připravenosti, ale také relativně příznivé ceně zařízení a paliva, v porovnání se energií z OZE. Agregáty se využívají u menších nebo mobilních základen, kde není možné připojení k DS, nebo jako záložní zdroj elektrické energie. Většinou se buduje energetické centrum, které dokáže zásobovat 125 % maximálních požadavků tábora. Další možností je použití decentrálního uspořádání elektrocentrál, (pro jednotlivá zařízení) s dostatečnou rezervou výkonu při zásobování. Standardní zařízení mají určenou mobilní rezervu 10 %. Kritické objekty základny, jako například nemocnice nebo radiostanice, disponují náhradní elektrocentrálou. Většinou jsou využívány pro pohon motorů a jiných elektrických zařízení, nebo pro napájení osvětlení.

2.2.1.2 Zemní plyn

Zemní plyn se obvykle nachází nad ložiskem ropy. Hlavní složkou zemního plynu je metan, který tvoří 60 až 80 % obsahu. Další složky jsou etan, propan, a těžší uhlovodíky. Na počátku těžby ropy nebyl zemní plyn využíván a vypouštěl se do ovzduší. Dnes se zachycuje a využívá jako palivo. Zemní plyn vyžaduje před svým použitím ze všech paliv nejméně úprav. V místě těžby se zbavuje vlhkosti, čistí a potom se dálkovými plynovody vede k DS.

V armádě je zemní plyn využíván jako LPG palivo pro pohon spalovacích motorů automobilů. Spalování LPG je ekologičtější než použití obvyklého benzínu nebo nafty. Propan-butanové nádoby se využívají v armádě jako záložní zdroj tepla, k vytápění nebo k vaření. Ve vojenských dílnách se využívají také při tepelném zpracování různých materiálů (tavení, svařování, pájení).

Plynové mikroturbíny představují další možnost kogenerační výroby elektřiny a tepla v armádních aplikacích, kde jsou potřeba malé rozměry jednotek pro výrobu energie a provoz v náročných klimatických podmínkách s nízkými nároky na údržbu. V kogenerační jednotce vzniká elektrická energie stejným způsobem jako v elektrárně, roztočením generátoru. Teplo uvolňované při spalování, je absorbováno tepelným výměníkem a využito pro ohřev vody nebo jiného média. Účinnost těchto kogeneračních jednotek je vysoká, v rozmezí 90 – 97 %. Kogenerační jednotky se spalovacím motorem jsou provozně nenáročné, vznikají však emise a vzhledem k opotřebení pohyblivých částí, má jednotka omezenou životnost. Zařízení využívá spalovací motor upravený pro použití zemního plynu. [23]

2.2.2 Obnovitelné zdroje energie a technologie používané v armádě

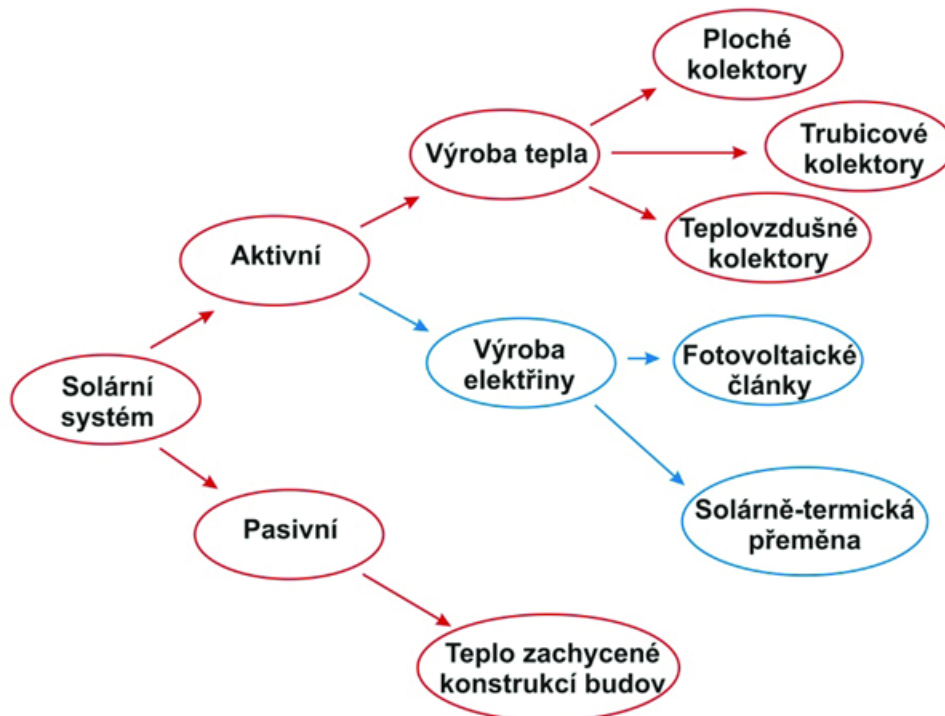
V mezinárodním měřítku představují OZE značný, ekologicky čistý potenciál, který by teoreticky bylo možné využít pro pokrytí současné celosvětové spotřeby energie. Důležitost změny technologických systémů, zajišťujících zásobování lidstva energií z OZE, vyplývá ze základních přírodních zákonů. Těžbou fosilních paliv prokazatelně dochází k degradaci životního prostředí.

Decentralizovanost je klíčovou výhodou OZE, tato vlastnost rovněž zásadním způsobem posiluje strategickou bezpečnost základů. Zničení velkého počtu malých zdrojů elektrické energie je podstatně komplikovanější, než vyřazení jedné velké elektrárny. Ostatně, při případném masivním nepřátelském útoku, jsou elektrárny prvořadým cílem. Armádní vědci intenzivně pracují na usnadnění náročného energetického zásobování předsunutých bojových základů tím, že elektrickou energií vyrobí přímo na místě.

OZE jsou v praxi využívána také na zahraničních základnách americké armády. Například základna Garrison, Kaiserslautern v Německu využívá kombinaci FV panelů pro výrobu elektřiny a solárních panelů pro ohřev vody. Vojenský objekt tak ročně uspoří přes 50 tis. dolarů.

2.2.2.1 Sluneční energie a technologie využívané na armádních základnách

Slunce je nepostradatelný zdroj energie, který se využívá na celé planetě. S výjimkou jaderné, geotermální a slapové energie je to jediný zdroj, který je přírodními procesy proměňován na další druhy energií které člověk využívá (fosilní paliva, biomasa, vodní energie). Sluneční energie dopadající na zem patří do kategorie OZE, protože neustále dopadá na povrch natočený ke slunci. Je jednou z nejčistších a nejdostupnějších zdrojů energie na Zemi. [17]



Obrázek 2.2: Rozdělení solárních systémů dle způsobu využití energie

Technologie využívající slunečnou energii

Sluneční energii lze pomocí technologií využívat i přímo a nespolehat se tedy pouze na přírodní procesy. Armáda využívá sluneční energie k výrobě jiného druhu energie mnoha způsoby, závisící na druhu vyráběné energie, použité technologie a místu. Historie technologií pro přímé využití sluneční energie je relativně krátká, o to dynamičtější rozvoj v současnosti prožívá. U energetického zásobování základěn se využívá kombinace pasivních i aktivních systémů. Aktivní FV systémy pro výrobu elektrické energie v solárních elektrárnách, pracují na principu přímé přeměny elektromagnetického vlnění na elektrickou energii.

Další technologií je použití solárních kolektorů, pracujících na principu fototermické přeměny sluneční energie, na vnitřní tepelnou energii tekutiny v kolektoru. Koncentrování slunečních paprsků je možno použít také pro ohřev pracovního média tepelných motorů s vnějším přestupem tepla. Základní rozdělení systémů využívajících solární energii je znázorněno na obrázku 2.2.

Pasivní solární systémy

U pasivních solárních systémů je získané teplo transportováno konvekci, tedy prouděním vzduchu. Využívání tohoto typu solárního systému je podmíněno především vhodným stavebním řešením objektu. Tuto problematiku řeší solární architektura, pomocí které se navrhuje objekty tak, aby u jejich provozu bylo využíváno co nejvíce slunečního záření. Základní prvek solární architektury tvoří akumulární stěna, jižní strana funguje jako kolektor, zdi a podlaha jsou z masivních stavebních materiálů s vysokou tepelnou kapacitou. Plní funkci tepelného zásobníku, který zabraňuje přehřátí při slunečním svitu, a následně při poklesu teploty uvolňuje teplo. Teplo se dovnitř budovy šíří sáláním. [18]

Hybridní solární systémy

Hybridní systémy představují přechod mezi pasivními a aktivními systémy. Většinou se jedná o kombinaci více konstrukčních provedení využívajících vlastnosti akumulární stěny, které jsou doplněny například o jednoduchý vzduchový kolektor, zabudovaný do roviny střešní konstrukce. Takto vytvořená energetická fasáda může být v letním období použita pro chlazení objektu, jako větrací šachta s přirozenou cirkulací vzduchu.

Aktivní solární systémy

Aktivní solární systém vznikne vzájemným propojením solárního kolektoru s dalšími prvky topné soustavy- potrubím, akumulárním zásobníkem, výměníkem tepla, oběhovým čerpadlem a regulačními prvky. Parametry prvků a propojení určují typ systému. V dvouokruhovém kapalinovém solárním systému pro přípravu teplé vody, se k přenosu tepla z kolektoru do výměníku používá nemrznoucí kapalina. Automatická regulace řídí celý solární systém na základě údajů naměřených čidly, v různých částech systému. Solární ohřev vody může být kombinován s jinými zdroji energie.

Výhodou využívání sluneční energie v armádních misích, je především možnost uchycení slunečních kolektorů na střechy budov, stanů nebo ubytovacích kontejnerů. Nejčastěji se používají ploché kolektory. Uplatňují se jako absorpční střechy nebo fasády, které přeměňují sluneční záření na tepelnou energii. Tyto absorbéry zabírají velkou část střechy a zároveň chrání budovu před nepříznivými povětrnostními vlivy.

Fotovoltaické systémy

Ze slunečního záření lze vyrábět elektrickou energii přímo, pomocí FV systému. Takový systém je složen ze solárních panelů, nezbytné řídicí elektroniky a připojení spotřebičů. Solární panel se skládá ze solárních článků o velikosti přibližně 10 x 10 cm. Solární článek je tvořen křemíkovou destičkou. Na vrchní a spodní straně destičky je křemík obohacen příměsí, které způsobí, že horní vrstva bude mít záporný náboj a spodní vrstva bude mít kladný náboj. Principem funkce je fotoelektrický jev. [7]

Zásadním rozdílem mezi způsobem výroby elektrické energie získané pomocí FV energie, v porovnání s klasickou výrobou energie je skutečnost, že v případě solárních článků není nutné používání složitých mechanických pohyblivých dílů. Tím odpadají problémy týkající se jejich opotřebení, tepelných ztrát, nebo jejich mazání a údržba. V porovnání s jinými technologiemi výroby elektřiny, nepotřebují solární články žádnou pohonnou látku, proto nevytvářejí při provozu žádné znečištění, zplodiny, zápach ani nežádoucí hluk.

Autonomní FV systémy

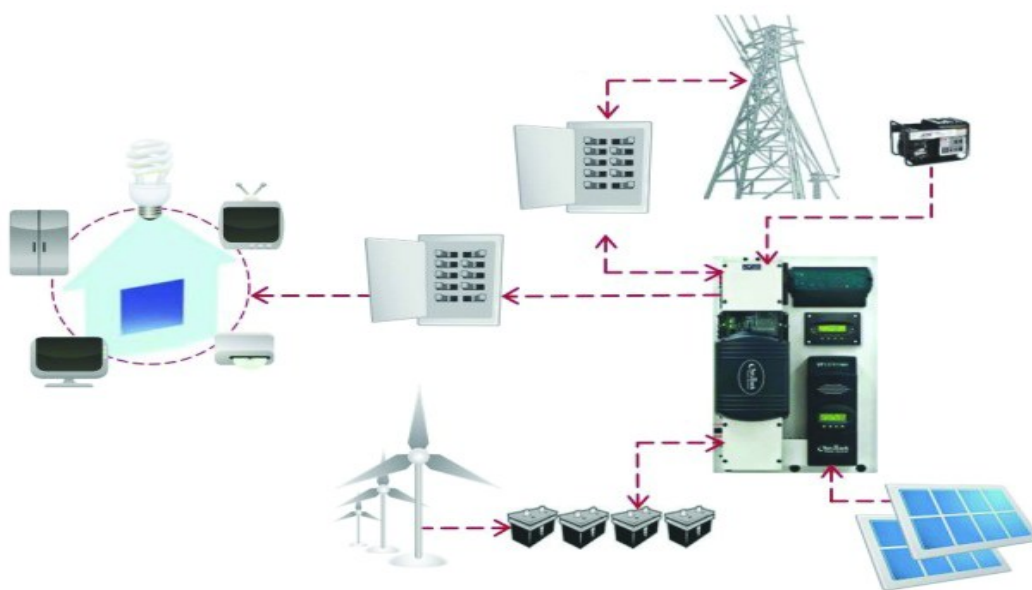
V armádě se výstavba FV elektráren omezila na autonomní systémy (Grid-off) a hybridní systémy. Jsou určeny pro nezávislé napájení objektů a zařízení bez stálého připojení k DS a v místech, kde by nebylo využití různých elektrických spotřebičů za normálních okolností možné. Tyto systémy se označují také jako izolované nebo ostrovní systémy. Skládají se z akumulátorové baterie, solárních panelů, ochranného obvodu a měniče napětí. Solární generátor vyrobí energii, která se ukládá do akumulátoru, kde je uchována pro využití v obdobích bez slunečního záření. Je důležité, aby u akumulátoru nedošlo k přebíjení nebo naopak k hlubokému vybíjení. Oba tyto krajní stavy vedou k jeho trvalému poškození. Regulační prvek zajišťuje správnost nabíjecího a vybíjecího procesu akumulátoru. Blokové schéma autonomního FV systému je vidět na obrázku 2.3.



Obrázek 2.3: *Blokové schéma FV systému typu Grid-off*

Hybridní FV systémy

Hybridní FV systémy jsou realizovány jako kombinace klasické síťové elektrárny (Grid-on) a ostrovního systému (Grid-off). V některých případech je vhodné realizovat hybridní FV systémy rozšířením o další doplňkový zdroj elektrické energie (větrný generátor nebo elektrocentrála). V takovém případě se mluví o hybridním autonomním systému. Pomocí hybridního autonomního systému, mohou být eliminovány nepříznivé podmínky provozu FV systémů v zimních měsících, především nižší množství energie získané během jednoho dne, a vyšší spotřeba energie. Hybridní FV systémy mají výhodu v maximálním využití vyrobené energie v místě výroby. Jsou vybaveny integrovanou funkcí, kdy inteligentní hybridní měnič, dokáže přeměňovat přebytečnou energii v reálném čase, nebo s řízeným zpožděním do předem nastavených, energeticky náročnějších spotřebičů. Blokové schéma hybridního FV systému je vidět na obrázku 2.4.



Obrázek 2.4: *Blokové schéma hybridního FV systému*

Spotřebiče jsou napájena stejnosměrným napětím, zpravidla 12 V nebo 24 V, běžné síťové spotřebiče na 230 V/~50 Hz jsou napájeny přes napěťový střídač. Jako spotřebiče na armádní základně mohou být uvedeny například osvětlení, radiopřijímače, datová centra, napájení letecké signalizace, telekomunikačních zařízení, provoz motorů nebo monitorovacích systémů.

Využití solární energie v praxi

Základna Fort Bliss je největší americkou vojenskou základnou, nachází se na hranici dvou států: Nové Mexiko a Texas. Je ukázkou armádního projektu Net Zero Initiative který plánuje, že do roku 2018 bude základna soběstačná a vyprodukuje tolik energie, kolik sama spotřebuje. Aktuálně základna produkuje 20 MW elektrické energie ze solárních panelů a další bloky jsou ve výstavbě. Je první základnou, která funguje pouze s použitím lokální sítě základny (microgrid) a využívá energií z OZE, ukládání energetických zásob, a inteligentní řídicí systém, který umožňuje objektu fungovat jako ostrovní síť, nezávisle od veřejné DS. Ročné úspory jsou závislé od energetických úspor základny, a činí 10 až 20tis. dolarů. [8] Armáda USA plánuje na základně i výstavbu větrných farem a použití geotermální energie.

2.2.2.2 *Větrná energie a technologie využívané na armádních základnách*

Vítr je jedna z forem energie, do níž se transformuje sluneční záření, které neustále dopadá na naši planetu. Je to energie proudění vzduchu, které vzniká tlakovými rozdíly mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v atmosféře planety, protože teplý vzduch má tendenci stoupat vzhůru. [22] Proces je ovlivněn rotací planety a střídáním dne a noci. Vyrovnávání rozdílů tlaku způsobí vznik větru, který vždy vane od tlakové výše k tlakové níži. Nejdůležitějším parametrem pro využívání větrné energie je rychlost větru. Poblíž povrchu země je vítr různě zpomalován terénem, zejména kopci a stavbami. Větrná energie je v centru pozornosti hlavně proto, že se dá snadno transformovat na cennou a žádanou elektřinu - na rozdíl třeba od energie biomasy. Další z výhod větrné energie je skutečnost, že při výrobě nejsou produkovány žádné škodlivé emise.

Větrná energie je v armádě využívána pro výrobu elektrické energie pomocí větrných elektráren. Na hlavních základnách americké armády dodávají elektřinu do sítě velké větrné elektrárny, které fungují společně s FV panely a jinými zdroji energie. Menší zařízení slouží pro energetické zásobování odlehlých základen bez připojení k DS, nebo s nestálým připojením k DS. Malé mobilní větrné elektrárny se využívají v armádních aplikacích například pro dobíjení baterií, jako nouzové napájení zdravotnických nebo telekomunikačních zařízení. V armádním námořnictví jsou bojové lodě vybaveny menšími větrnými elektrárnami, které zásobují spotřebiče.

Rozdělení a technologie větrných elektráren

Rozsahy výkonů větrných elektráren používaných na základnách jsou rozděleny podle rozměrů:

- Mikroelektrárny- velmi malé elektrárny s výkonem od 100 W do přibližně 1 kW, které slouží pro napájení jednotlivých spotřebičů a nedodávají energii do sítě (Grid-off). Autonomní systémy mohou sloužit například jako napájení nouzového osvětlení, zdravotnických zařízení, vařičů, malého topení, vysílaček, počítačů, telekomunikační techniky, monitorovacích systémů nebo dobíjení baterií. Jejich skládací verze mohou sloužit v terénu jako mobilní nabíječe akumulátorů do různých zařízení.
- Středně velké elektrárny, s výkonem od 1 kW do přibližně 15 kW, používaných například v mobilních rozkládacích kontejnerech pro napájení velkých spotřebičů na vojenských základnách, datových a radiokomunikačních center, obvykle nedodávají energii do sítě (Grid-off). Autonomní systémy slouží objektům, které nemají možnost připojení k DS. V mobilních kontejnerech jsou použity společně se solárními panely, naftovými generátory nebo jinými zdroji energie. Součástí autonomního systému jsou akumulátory a řídicí elektronika. V objektu je pak rozvod stejnosměrného proudu s nízkým napětím (12 V nebo 24 V) nebo je v systému zapojen ještě střídač pro dodávku střídavého proudu 220 V.
- Největší elektrárny o výkonech až 2,5 MW jsou aktuálně využívány například na americké základně Twin Ridges Wind Farm, Somerset, Pensylvánie kde větrné farmy zásobují základnu prostřednictvím lokální sítě (microgrid). [11]

Technické rozdělení generátorů větrných elektráren je provedeno podle uložení osy rotace na horizontální a vertikální, podle instalovaného výkonu, nebo podle rychlostního součinitele na pomaloběžné a rychloběžné.

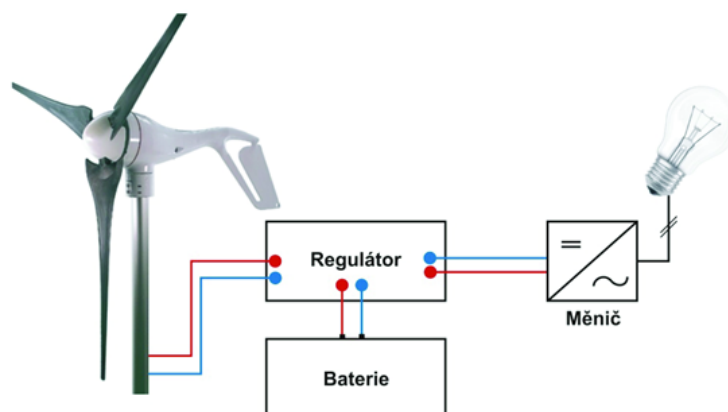
Základní rozdělení je podle aerodynamického principu funkce větrného motoru na:

- Odporové motory se svislou osou otáčení, které pracují na odporovém principu. V armádě jsou použity v mobilních kontejnerech, nebo v jiných malých generátorech pro svou konstrukční výhodu, že turbína nemusí být uložena vysoko na stožáru. Roztáčí se již při nízké rychlosti větru. Jsou jednoduché a spolehlivé, avšak účinnost vertikální turbíny je poloviční v porovnání s účinností vztlačové horizontální turbíny. [20]
- Vztlačové motory jsou nejrozšířenějším typem motorů, pracují na vztlačovém principu s vodorovnou osou otáčení, kde vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli. Všechny velké moderní elektrárny používají třílisté rotory. Jsou využívány pro napájení lokálních sítí armádních základen (microgrid). Tyto rychloběžné axiální motory mají vysokou účinnost, přibližně 45 %. Výhodou je i vysoká rychlost rotoru. Lopatky turbín jsou natáčivé, aby se mohli přizpůsobit proměnlivé rychlosti a směru větru. Existuje i takové natočení lopatky, při kterém dojde k zastavení turbíny

Konstrukce větrných elektráren

Konstrukce dominantního typu větrné elektrárny s axiálním stupněm se skládá ze sloupu, který je pevně ukotven k zemi masivními betonovými základy, případně ještě lany. Základ větrné elektrárny zpravidla tvoří betonová deska. Sloup elektrárny je dutý a musí být dostatečně vysoký, aby vynesl větrnou turbínu nad přízemní pásmo větrných turbulencí a dostatečně silný, aby odolal hmotnosti celého soustrojí a síle větru. Ve sloupu je uloženo také elektrické vedení a středem sloupu vede servisní žebřík do gondoly. Gondola obsahuje převodovku, spojku, generátor a náboj větrné turbíny. Hřídel náboje je uložena ve valivém, obvykle dvouřadém, kuželíkovém ložisku. [21]

Pokud je použit synchronní generátor s frekvenčním měničem, není potřeba převodovky, což zvyšuje účinnost, ale je nutné vysokofrekvenční elektřinu transformovat na stejnosměrný proud a poté opět na střídavý proud o frekvenci 50 Hz. U klasických generátorů s převodovkou je přímo vyráběn proud o frekvenci 50 Hz, je tedy nutnost použití planetové převodovky a dále je napětí transformováno ještě v objektu elektrárny na napětí sítě základny. Při použití výkonové elektroniky, respektive synchronního generátoru, nejsou otáčky pevně dány, rotor má tedy vyšší účinnost a rozsah využití, co se týče rychlosti větru. Synchronní generátory s frekvenčním měničem se používají u menších nebo středně velkých větrných elektráren, určených pro napájení lokální sítě základny (microgrid).



Obrázek 2.5: Blokové schéma zapojení menší větrné elektrárny

2.2.2.3 *Biomasa a využití biomasy v armádě*

Jeden z nejdůležitějších OZE je biomasa. Jedná se o materiál organického původu, nefosilního charakteru, pocházející z pěstování rostlin, těžby dřeva, komunální odpad, nebo plynné produkty, které vznikají při provozu čistíren odpadních vod. Je to přeměněná sluneční energie, zachycena organickými složkami ve formě chemické energie. Využití biomasy má z energetického hlediska velký význam, protože se jedná o obnovitelný a teoreticky nekonečný zdroj energie. Možnost výroby elektrické energie využitím biomasy v mobilních kontejnerech a lokálních podmínkách vojenských základen snižuje energetickou závislost na fosilních palivech. Nespornými výhodami jsou vysoký energetický potenciál, zpracování a likvidace odpadů, dobrá dostupnost paliva, ale především široké možnosti řízení výroby energie z biomasy.

Úprava biomasy

Před vstupem do energetického zařízení musí být biomasa obvykle upravena. Metody úprav závisí na kvalitativních požadavcích biomasy, vstupující do energetického zařízení. Při využívání biomasy je nutno zvážit, zda půjde pouze o výrobu tepla, nebo kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Poměrně velký potenciál má energetické využití bioplynu. Elektřina se v současnosti vyrábí zejména při kogeneraci bioplynu. Organické materiály, které jsou uloženy bez přístupu vzduchu, produkují při fermentaci bioplyn s vysokým obsahem metanu. Nádoby, v nichž dochází k produkci bioplynu, jsou utěsněny. Bioplyn je následně využit při výrobě elektřiny jako palivo. Při procesu kogenerace je současně využita energie pro výrobu elektřiny, a ztrátové teplo je k dispozici pro další použití. Pokud je s elektřinou a teplem zároveň produkován i chlad, hovoříme o trigeneraci.

Zdroje biomasy podle původu rozdělujeme na:

- přírodní – rychle rostoucí rostliny a dřeviny, sláma, dřevní odpad,
- průmyslové – odpady z jatek, dřevařských provozoven, chovu zvířat,
- komunální – organický komunální odpad, bioplyn ze skládek odpadů.

Spalování biomasy

Energii z biomasy můžeme získat spalováním. Jako palivo je možné použít téměř jakýkoliv organický materiál. Nejčastěji je spalováno dřevo, odpady ze zpracování dřeva, organický a komunální odpad. Pro lepší využitelnost biomasy je potřeba dodržet určité technologické postupy zpracování. Při nedokonalém spalování vznikají tuhé znečišťující částice a oxid uhelnatý. V případě zahřívání paliva bez přístupu vzduchu se uvolňuje dřevoplyn, který se spaluje podobně jako ostatní plynná paliva. Efektivnější je zpracování na kvalitnější paliva, takzvané fytopaliva. Jedná se o pelety, brikety, bioplyn, etanol, bionaftu. Pelety jsou častá forma biomasy, kterou využíváme. Vyrábějí se lisováním a mají malé rozměry pro lepší dávkování a skladovatelnost. Mají také nízký obsah vody, tedy i dobrou výhřevnost. Automatická topidla na pelety, se komfortem obsluhy mohou porovnat topidlům na plyn nebo topný olej. Cena paliva je však nižší. Výhřevnost je podstatným parametrem efektivního energetického využití biomasy a kolísá nejen podle druhu dřeva, ale navíc s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější.

Hlavní výhody užití biomasy:

- jde o OZE, ekologičnost, neutrální vzhledem k produkci CO₂,
- snadná dostupnost a široký výběr surovin vhodných jako palivo,
- možnost spalování odpadů,
- decentrální výroba energie,
- cena paliva.

Technologie pomalého termického rozkladu (PTR)

Jedná se o poměrně novou technologii, která představuje efektivní a zároveň ekologicky šetrný způsob využití různých druhů odpadů. Technologie PTR dokáže nevyužitý odpadní materiál nejen přeprocessovat, ale navíc dokáže z něho vyrobit teplo a elektrickou energii, bez zátěže pro životní prostředí. V praxi tuto technologii reprezentuje zařízení SIMUL PTR, které pomalým procesem rozloží vstupní materiály na tři organické složky, které jsou pak samostatně využitelné pro výrobu elektrické energie a tepla. Díky technologickému přeprocessování nepředstavují tyto složky žádnou ekologickou zátěž, protože jsou dále používány a certifikovány jako paliva nebo jako chemické suroviny, a všechny se využijí. [28] Technologie PTR umožňuje hodnotně využít energii uloženou v odpadech, které by jinak leželi na skládkách, nebo by byli neefektivně spalovány s negativním vlivem na ŽP. Cílem technologie je materiálové využití vstupních surovin a získání pevných, plynných, a kapalných produktů stabilních parametrů, které mají další materiálový a energetický potenciál.

Technologie PTR pracuje na principu pomalého ohřevu organických látek bez přístupu vzduchu. Před procesem jsou nádoby naplněny vstupním materiálem, vloženy do pece a uzavřeny. Poté může být zahájen samotný proces PTR. Palivový článek je v peci zahříván pomocí elektrické energie při teplotním rozmezí 480 - 600 °C. Do pece jednotky SIMUL PTR se vkládají zabezpečené a uzavřené nádoby, ve kterých dochází během 2 - 3 hodin k sofistikovanému prostupu tepla celým článkem a k rozkladu organických složek na tři frakce: kapalnou, plynnou a pevnou. [26] Z článku jsou průběžně odváděny páry plynu, které vznikají při procesu PTR a nedochází k žádnému úniku emisí do ovzduší. Po ukončení procesu je článek vytažen z pece a po ochlazení je otevřen. Palivové články jsou nádoby, vyrobeny z nejkvalitnější nerezové ocele a mají objem do 350 L. Tato technologie je velice podobná pyrolyzní technologii, ale lépe využívá tepla a dosahuje výborného kladného energetického výstupu, takže je samostatným zdrojem energie, nezávislým na DS. Pomalost procesu umožňuje maximální rozklad, využití vzniklé plynné a kapalné frakce pro výrobu elektrické energie a pevné frakce jako aktivního uhlí a paliva.

Vstupní materiály využitelné v PTR technologii:

- zemědělský odpad, komunální odpad, pryžový materiál, plastové směsi, fekálie, kontaminované zeminy, použité pneumatiky, čistírenské kaly, kuchyňský odpad.

Zařízení SIMUL PTR realizující technologii PTR v praxi, se skládá ze čtyř základních částí:

1. Elektrická pec pro ohřev vstupního materiálu v palivových článcích.
2. Chladicí jednotka, ve které kondenzují vzniklé kapalnou a plynnou frakce.
3. Zásobníky pro plynnou, kapalnou, a tuhou paliva.
4. Kogenerační jednotka, která umožňuje vytvářet z těchto paliv elektrickou energii a teplo.

Výstupem PTR procesu jsou pak uhlíkatá drť (palivo pro kotelnu), olej (palivo pro kogenerační jednotku) a plyn (palivo pro kogenerační jednotku). Konstrukce zařízení je relativně malá, založena na principu mobilního stavebnicového systému, proto je možno jednotku postavit blízko k místu kde vznikají odpady a biologické suroviny. [27] Zejména z tohoto důvodu je mimořádně vhodná aplikace technologie na armádních základnách. Jednotka při svém provozu nevytváří žádné emise a je použitelná v kombinaci s kogeneračními jednotkami všech známých výrobců kogenerace. Využití PTR v armádních aplikacích brání vysoká pořizovací cena a technologická náročnost.

3 Analýza problémů spojených s výrobou energie na místě

Energetická bezpečnost představuje zajištění stabilních, nepřerušovaných dodávek elektrické energie v stanovené kvalitě a za přiměřenou cenu. Ve vojenských oblastech dochází k přerušení energetických sítí o mnoho častěji, než v civilním prostředí a konvenční zdroje energie, jako například uhelné nebo jaderné elektrárny tak nejsou schopny dodat potřebnou elektřinu.

V takových situacích těží ze své konstrukce a nezávislosti na dodávkách paliva decentralizované OZE. Využití OZE v armádním prostředí má mimo finančních, ještě jeden velice zásadní rozměr: ochranu životů, snížením potřeby dovozu paliv. Zkušenosti z bojových misí americké armády ukázaly, že na každých 30 zásobovacích cest, připadá smrt jednoho vojáka. [25] Tento fakt je další hnací silou pro rozvoj nových technologií výroby energie z distribuovaných OZE. Nutnost dopravy paliva k místu zpracování, hraje klíčovou roli při analýze problémů s výrobou energie na armádních základnách.

Udržení provozuschopné základny, je strategickou prioritou každého vojenského velitele. Bojové podmínky a prostředí základen klade specifické nároky i na lokální elektrárny. Důležité pro umístění decentralizované elektrárny je například velikost funkční jednotky, hluchnost a provozní náročnost. Klíčové prvky základny, jako ochranný perimetr, datové a komunikační centrum nebo nemocnice, musí být zásobovány elektrickou energií za každých podmínek. Základny jsou vybaveny inteligentními sítěmi, instalacemi nezávisle fungujících OZE a bateriemi pro akumulaci energie. V poslední době se začaly dynamicky rozvíjet nové technologie, které umožnili realizaci mobilních elektráren využívajících OZE.

Využívání OZE je limitováno několika faktory, jako je malá plošná koncentrace, nestejnoměrné územní rozložení, proměnlivá intenzita v průběhu dne i roku a značné investiční náklady. Závislost na počasí částečně řeší kombinace OZE s klasickými naftovými generátory, které převezmou jejich práci, pokud to bude nutné. Další nevýhodou celého procesu zásobování vojenského objektu elektrickou energií je obtížné skladování získané energie. Akumulace energie může být částečně vyřešena pomocí baterií, které jsou ale drahé.

Obecně se pro posouzení energetického potenciálu využívá, jako jediný ukazatel instalovaný výkon zařízení pro transformaci energie. S ohledem na proměnlivou intenzitu výkonu a další výše uvedené limity pro využití OZE, je nutné rozšíření o další technické parametry.

Parametry energetických zařízení:

- instalovaný výkon P_I (W),
- špičkový výkon P_p (Wp),
- průměrný celoroční výkon P_{CR} (W),
- součinitel využití K – popisuje využití zařízení v průběhu celého roku a je určován ze znalosti energie W_R [$Wh \cdot r^{-1}$] vyprodukované za rok.

3.1 Problematika užití dieselových generátorů

Hlavním problémem při použití naftových generátorů pro výrobu elektrické energie, je nutnost dodávky paliva a s tím spojená rizika. Dovoz paliva na vojenskou základnu je ve vojnovém prostředí velkým rizikem, jelikož je finančně nákladný, nebezpečný a palivové konvoje představují snadný cíl.

Stanovení počtu elektrocentrál by mělo zahrnovat vyhodnocení aktuálních i očekávaných potřeb základny, s přihlédnutím k významně ovlivňujícím faktorům, jako jsou nadmořská výška a teplota. Pokud je v operaci využíváno elektrocentrála jako jediného zdroje elektrické energie, doporučuje se maximálně 50 % zatížení. Nařízení pro výstavbu základny definuje přesný propočet energetické potřeby a umožňuje i využití OZE. [9] Přesný propočet spotřeby elektrické energie je časově náročný. Pro výpočet se vyžaduje znalost příkonu spotřebičů a předpokládaná doba jeho používání za den. Metodika pro výpočet není ideální, protože kalkuluje součet příkonů všech spotřebičů, bez stanovení úseku denní doby jeho používání. Nevýhodou je účinnost, kdy se z elektrocentrály získá pouze 35 % energie paliva.

Důležité faktory zohledňující použití dieselových generátorů:

- váha zařízení, mobilita, spotřeba paliva, dostupnost a cena paliva, cena a výkon zařízení, hlučnost při provozu, odolnost vůči teplotním rozdílům, spolehlivost, nenáročný provoz, rychlý a snadný start spalovacího motoru.

3.2 Problematika využití solární energie

Hlavním nedostatkem využití solární energie pro výrobu elektřiny je nemožnost nočního provozu elektrárny. Instalovaný výkon zařízení je ovlivňován proměnlivou intenzitou slunečního záření. Mírou zmenšení intenzity dopadajícího slunečního záření je součinitel znečištění Z , který závisí na atmosférickém tlaku vzduchu a obsahu příměsí. Atmosférický tlak závisí na nadmořské výšce a obsahu příměsí vzduchu, který je ovlivňován čistotou prostředím. Průmyslová střediska a města mají vyšší součinitel znečištění Z , než venkovní prostředí bez průmyslových exhalací.

Sklon kolektoru hraje důležitou úlohu při výpočtu teoretického množství energie, dopadající na osluněnou plochu. Optimální úhel pro maximální efektivitu dopadu slunečního záření, závisí od ročního období. Pro zimní období je sklon kolektoru $60^\circ - 90^\circ$, pro letní je to $30^\circ - 45^\circ$.

Při použití solární energie pro zásobování armádní základny jsou nejdůležitějšími faktory:

- intenzita slunečního záření, umístění kolektorů a panelů, velikost součinitele znečištění, počáteční investice, průměrný celoroční výkon, eliminace zastínění panelů, účinnost panelů.

Při návrhu FV systémů pro vojenskou základnu je nutno dbát na bezporuchovost a bezpečnost, maximalizaci energetického zisku a minimální provozní náročnost. Dalším důležitým faktorem při návrhu FV elektrárny je vyloučení případného stínění, které mohou způsobit stromy nebo okolní stavby. Výkon FV článku závisí na intenzitě ozáření, spektru světla a teplotě článku. Při vysoké teplotě článku dochází ke změně parametrů článku, která má za následek snížení dodávaného výkonu. Nevýhodou je obtížné skladování získané energie, kterou je potřeba čerpat většinou v období bez slunečního svitu.

Tento problém byl částečně vyřešen na základně The LA Air Force Base. Vedení základny si v roce 2011 dalo za cíl být první základnou, která zrealizuje transport v areálu pouze elektrickými vozidly připojenými k lokální síti. Solární elektrárna generuje 800 kW a je v provozu. Inteligentní řídicí systém zjistí, kdy základna nevyužívá tolik energie a začne dobíjet baterie pro vozidla. Toto dobíjení slouží také pro akumulaci nahromaděné energie. V případě okamžité potřeby většího množství energie, řídicí systém umožní čerpat nahromaděnou energii přímo z baterií. [10]

3.3 Problematika využití větrné energie

Nejdůležitějším parametrem při využití větrné energie pro výrobu elektřiny je rychlost větru, která má hlavní vliv na celkový i využitelný výkon větru. Rychlost větru závisí na členitosti zemského povrchu a platí, že směrem k povrchu země, rychlost větru klesá. Dalším faktorem ovlivňujícím rychlost větru jsou uměle vytvořené překážky, za kterými rychlost větru klesá a mění se i směr větru.

Odporové motory se vodorovnou osou otáčení jsou v armádě použity například u mobilních kogeneračních kontejnerech a jiných menších generátorech pro svou konstrukční výhodu a jednoduchost. Turbína se roztáčí již při nízké rychlosti větru a nemusí být uložena vysoko na stožáru. Generátory jsou malé, lehké, konstrukčně jednoduché a proto jsou mimořádně vhodné pro armádní účely. Nevýhodou odporových motorů je nízká účinnost v porovnání se vztlačovými motory a nízké otáčky turbíny.

Vztlačové motory s vodorovnou osou otáčení jsou na armádních základnách použity pro napájení lokální sítě základny (microgrid). Jsou konstrukčně o mnoho větší, dosahují větších rychlostí a dodávaných výkonů. Mají vysokou účinnost i rychlost rotoru. Problematický je návrh a umístění elektrárny ve vojenském objektu, složitá a drahá konstrukce elektrárny. Nedostatkem je i horší rozběh turbíny při nízkých rychlostech větru nebo hlučnost při vysokých rychlostech.

3.4 Problematika využití energie biomasy

Kvalita paliva je klíčový faktor ovlivňující možnosti použití biomasy na armádních základnách nebo v terénu. Obsah vody u biomasy je důležitý parametr pro určování kvality paliva, jelikož má přímý vliv na výhřevnost. Čerstvá, neupravená biomasa má vysokou vlhkost a před spalováním je potřeba snížit obsah vody vysušením. Za optimální se považuje vlhkost biomasy do 20 %. Při použití lisovaných briket nebo pelet jako paliva je nutnost ještě nižší vlhkosti. Nedokonalým spalováním vznikají emise a tuhé znečišťující látky.

Nevýhody užití biomasy:

- větší objem paliva – horší skladovatelnost,
- nutnost úpravy paliva – sušení, lisování, fermentace,
- vysoké investiční náklady na technická zařízení,
- složitá manipulace s palivem ve srovnání s plynem nebo elektřinou,
- nízká účinnost,
- nutnost dopravy paliva,
- obtížná ekonomická konkurence energie získané z biomasy,
- velká produkční plocha v porovnání s jinými zdroji energie.

4 Analýza možností snížení spotřeby energie v misích

I kdyby nedocházelo ke zvyšování a kolísání cen ropy, tak mají státy velice dobré důvody k vyvíjení silného tlaku na posílení programů, pro účinné využívání energie v armádě. Úspora energie je bezesporu nejrychlejším, nejúčinnějším a nejefektivnějším způsobem snížení finančních nákladů, potřebných pro provoz základny. Samotné snižování cen energií nepodporuje vzrůst zájmů o spotřebu, ani o investice pro podporu energetické účinnosti. Účinná politika pro podporu energetické efektivity armády proto významně přispívá ke zvýšení nákupu nových, úspornějších technologií, jakými jsou například energeticky účinnější armádní vozidla, zařízení informační a komunikační techniky. Použitím nových nebo vylepšených finančních nástrojů, by také došlo k zavedení efektivních zlepšení.

Vládní investice do výzkumu a vývoje nových, účinnějších technologií pro armádu zlepší nezávislost základen na dovozu paliva, čím dojde ke snížení spotřeby elektrické energie. Mnoho zemí plně chápe rozhodující roli energetické účinnosti základen, při plnění zahraničních misí. Armáda proto musí být příkladem, který povede k rozvoji nových politik, spolupráce a technologií. Stát bude mít prospěch z opatření pro podporu energetické účinnosti armádních základen, pokud bude příznivý poměr nákladů a přínosů. Vláda může vytěžit také z převodu uspořené zdroje do jiných ekonomických činností. Při vypracování konkrétního projektu pro snížení spotřeby energie na základnách, musí skupina vojenských inženýrů a ekonomů přezkoumat možnosti investic do projektů v oblasti udržitelné energie a zvážit způsoby, jak využít stávající finanční mechanismy pro překonání investičních překážek. Včetně vykonání analýz energetických společností, pro zpětné získání nákladů z úspor energií.

Velice důležitá je i doba návratnosti investic do energetické účinnosti. [2]

Pentagon využívá k realizaci projektů americké armády takzvané financování TPF. Instalace OZE jsou tedy financovány dodavatelem technologie a veškeré vložené investice jsou splaceny až prostřednictvím energetických úspor, tedy částek za elektřinu nebo teplo, které dané projekty ušetří. Armáda vytváří zakázky ve výběrových řízeních zaměřených na FV, větrnou energetiku, geotermální instalace a využití biomasy nebo bioplynu. Aktuální zakázky v hodnotě miliard dolarů, jsou dobrou cestou ke zvýšení podílu energie z OZE. Zvýšení energetické efektivity, respektive snížení spotřeby energie armády, je možno dosáhnout komplexními technologickými, politickými i ekonomickými změnami.

Iniciativa v oblasti energetické účinnosti armádních základen má širší důsledky, než jen pro samotnou armádu, nebo energetickou politiku. Tvoří hlavní příspěvek ke snížení energetické závislosti armády na dovozu paliva, zejména při vysokých a nestálých cenách ropy. Tato iniciativa také přispěje k dosažení cílů soběstačnosti, a přispívá ke snížení emisí.

4.1 Technologie a zařízení pro zvýšení energetické efektivity v misích

4.1.1 Hybridní tanky

Zbrojařská společnost BAE Sys. prezentovala hybridní tank pro americkou armádu už v roce 2007. Tank spotřebuje až o 20 % méně paliva než klasické bojové vozidlo. Hybridní tank využívá dva výkonné dieselové motory jako generátory elektřiny pro dva elektromotory, jeden o výkonu 700 koní. Součástí systému je také li-ion baterie. Výhodou je jak snížení spotřeby, tak i instantní točivý moment. Nespornou výhodou je i možnost využití tanku jako mobilní elektrárny.

Specifikace hybridního tanku - hmotnost 63,5 t; dojezd na jednu nádrž 300 km

4.1.2 Hybridní generátory

Hybridní generátory mají za úkol doplnit a nahradit osvědčené dieselové generátory, jejichž výkon se nesnadno reguluje a mají vysokou spotřebu paliva. Budou sloužit na vojenských základnách pro výrobu elektřiny. Jádrem zařízení je běžný dieselový generátor o výkonu 18 kW. K němu jsou připojeny baterie o kapacitě 40 kWh, což vychází přibližně na dvě a půl hodiny maximálního výkonu. Sestavu ještě doplňují dva solární panely, které dokáží generovat maximálně 10 kW.

V případě nízké spotřeby může inteligentní řídicí jednotka zastavit naftový agregát, a čerpat energii jen z baterií. Využívání takového systému by znamenalo snížení spotřeby paliva až o 60 %, v porovnání s dieselovým agregátem bez baterií a solárního panelu. Jedinou nevýhodou je několikanásobně vyšší cena systému.

4.1.3 Elektrická vozidla v armádě

Elektrický pohon je pro armádu doslova zázračnou technologií. Z čistě technického hlediska jsou elektrická vozidla téměř nehlukná a vydávají zanedbatelnou infračervenou stopu. Jsou proto nesnadno odhalitelná. Důležitou strategickou výhodou je, že elektrická vozidla nepotřebují neskladný a drahý benzín nebo naftu. Elektrickou energií lze vyrábět decentralizovaně, přímo na vojenských základnách pomocí OZE. Automobilka Smith Electric Vehicles, která vyrábí elektrická nákladní vozidla Newton, získala objednávku od americké armády na několik kusů. Základ pro nákladní automobil Newton vyrábí česká Avia. Elektrická nákladní vozidla budou sloužit ve vojenském kempu Pendleton v Kalifornii. Jde o největší výcvikové zařízení amerického námořnictví na západním pobřeží. Elektrické vozidlo Newton má maximální rychlost 88 km/h, a maximální dojezd na jedno nabití 80 až 192 km. [14] Je proto ideální pro přesun většího množství personálu nebo nákladu na krátké vzdálenosti v areálu základny.

4.1.4 Inteligentní řídicí systémy

Armáda USA intenzivně pracuje na vývoji inteligentních řídicích systémů, schopných spojit energii z OZE a akumulaci. Ministerstvo obrany spojených států pracuje na řadě řešení vhodných pro nouzové situace. Například v květnu 2013 představilo projekt ostrovního systému, který kombinuje 120 kW solární elektrárnu s 300 kW baterií, které jsou řízeny inteligentním systémem. Na základně Fort Riley v Kansasu lze najít také 510 kW solární elektrárnu, doplněnou o pět vertikálních větrných turbín a baterie. Tyto systémy přibližují armádní velitelství základen k nezávislosti na dodávkách elektřiny ze sítě, a redukuje spotřebu nafty v dieselových generátorech. Celkově má armáda USA v plánu vybudovat až 60 MW zdrojů propojených chytrými mikrosítěmi.

4.1.5 Solární stany

Armáda Spojených států vyvinula několik druhů stanů Power Shade se zabudovanými solárními panely. Každý stan je jiné velikosti, dosahuje jiné úrovně výroby elektrické energie. Model Power Shade dokáže vyprodukovat 3 kW elektrické energie, model Temper Fly 800 W a nejmenší model pak 200 W.

Solární články na stanech jsou složeny z tenkých vrstev amorfního křemíku. Články jsou sice méně účinné, než klasické solární panely, ale jsou mnohem tenčí, levnější a ohebnější – ideální pro konstrukce stanů. Americká armáda testuje stany v Afghánistánu, ten je pro vojenské solární stany opravdu ideální zemí, neboť slunce je tam intenzivní a svítí až do pozdních hodin. Solární stany jsou vyvinuty pro operace v nepřístupném terénu, kde je jinak zásobování velmi obtížné. [13]

4.1.6 Modulární mobilní datové centrum

Mezi technologie užitečné pro snížení spotřeby energie v armádních misích, patří nepochybně použití úsporných nebo soběstačných datových center. MMDC je definováno jako trvale bezobslužné pracoviště. Představuje řešení pro uživatele s požadavky na rychlou výstavbu, mobilitu a malé prostorové nároky datového centra. Kompletní infrastruktura datového centra je umístěna do kontejnerového skeletu. Všechna zařízení i veškeré související technologie nutné k zajištění provozu jsou koncentrovány v rámci jednoho kontejneru a nepřesahují jeho vnější rozměry. Systém je vybaven komunikační technologií GSM pro dálkový přenos stavu a dat. [16] MMDC firmy Altron lze vidět na obrázku 1.5.

Hlavní výhody:

- snadná přeprava a rychlá instalace zařízení,
- odolnost a bezpečnost - konstrukce chráněna proti vloupání, vodě, ohni,
- integrovaný klimatizační systém - součást každé buňky,
- široké možnosti aplikace a provozních podmínek,
- vysoká energetická efektivita.

Hlavní určení pro:

- vojenské, zdravotnické a humanitární mise,
- mobilní komunikační vojenské prostředky,
- podpora integrovaných záchranných systémů,
- letiště, přístavy, policie a hasičský záchranný sbor.

Zařízení je možno rozšířit o doplňky:

- automatická protipožární kontrolní jednotka pro hašení požáru,
- možnost instalace až dvou externích úsporných dieselových generátorů,
- zvýšení odolnosti jednotek mobilního datového centra proti průniku prachu a písku,
- revoluční volné chlazení, založené na výměně tepla mezi prostorem datového sálu a venkovním vzduchem pomocí výměníku s tepelnými trubicemi - umožňující roční úsporu energie až 70 %.



Obrázek 4.1: Modulární mobilní datové centrum

4.1.7 Alfons Mobile Energy Container

Český projekt AMEC který vytvořilo pět firem, klade důraz na mobilitu produktu. Je to energeticky soběstačné mobilní centrum nejen pro vojenské, ale také pro humanitární mise. Kontejner může elektrinou zásobovat například mobilní nemocnici, krizová střediska nebo tábory pro evakuované obyvatele v případě katastrof. Mobilní centrum je mimořádně vhodné pro armádní mise, protože snižuje potřebu zásobování naftou, tím i počet rizikových transportů paliva.

Kontejner vyrábí elektrinu pomocí větrné turbíny a rozložitelných FV panelů. Pro nepřetržitý chod využívá jako zálohu baterie a naftový generátor. Klíčovým prvkem je inteligentní systém řízení napájení a spotřeby, který spojuje jednotlivé zdroje energie a tím znemožňuje výpadek elektřiny. Energetické zdroje jsou umístěny v kontejneru, který lze na místo určení dopravit pomocí nákladního vozu, letadlem nebo v podvěsu pod vrtulníkem. Tým pracovníků dokáže během tří hodin sestavit provozuschopnou jednotku, nainstalovat solární elektrárnu a vztyčit větrnou turbínu. Díky nabitým bateriím může systém dodávat elektrinu od samotného usazení na zem.

Parametry mobilní jednotky v základním modelu:

- rozložitelná solární elektrárna o výkonu 5,2 kW nebo 9,2 kW s vysokoúčinnými FV moduly,
- rozložitelná větrná elektrárna o výšce 4,5 m a výkonu 5 kW,
- bateriový systém - napětí baterií 260 V; kapacita 300 Ah; celková kapacita 78 kWh,
- naftový generátor s výkonem 11,2 kW; $U_N = 400$ V 3- fázové \sim / 230 V 1- fázové \sim , $f = 50$ Hz,
- vše je umístěno v klimatizovaném, odhlučněném a zatepleném kontejneru ISO 1C splňujícím požadavky normy ČSN ISO 1496-1,
- robustní ocelová a hliníková konstrukce určená i do extrémních podmínek,
- řídicí systém: autonomní ostrovní systém $U_N = 400$ V 3- fázové \sim / 230 V 1- fázové \sim , $f = 50$ Hz,
- komunikace: RS – 485,
- rozměry / hmotnost: 2438 x 2438 x 6058 mm (šířka x výška x délka) / 6000 kg.

Volitelná konfigurace: druhá větrná turbína 5 kWp, klimatizace, větší kapacita baterií, přídatní nádrž na naftu až 1000 l, naftový generátor o výkonu 24 kW, neprůstřelná pancéřová varianta, vzdálená komunikace a přístup přes GPRS [24]



Obrázek 4.2: *Alfons Mobile Energy Container*

4.1.8 Osobní mobilní zdroje energie

Současný pěší voják vyspělé armády je na několikadenní misi vybaven bateriemi o hmotnosti přibližně 4,4 kg. Nejružnější komunikační prostředky, displeje, brýle pro noční vidění, termovizní zaměřovače nebo GPS systémy, všechna zařízení jsou bez zdroje elektrické energie nefunkční.

Vývojové, výzkumné a inženýrské centrum pro vojáky - NSRDEC v současné době testuje tři alternativní způsoby výroby elektrické energie pro vojáky. Jedná se o Knee Harvester, malý generátor elektrické energie umístěný u kolena v podobě protézy, ten při pohybu převádí kinetickou energii na elektrickou. Při svižné chůzi dokáže systém generovat výkon 12 W. Rucksack Harvester naopak využívá vertikální pohybu batohu na speciálním nosném rámu. Při klidné chůzi s batohem o hmotnosti 25 kg dokáže malý elektrický generátor poskytovat elektrický výkon 25 W nebo při běhu 40 W.

Mnohem pohodlnějším zdrojem elektrické energie je Solar Panel Harvester. Flexibilní solární panel je vyroben z krystalů arsenidu galia. Ohebné solární panely nejsou tak účinné, jako klasické panely solárních elektráren, jsou ale lehké, ohebné, odolné, a nelesknou se. Solární články jsou umístěné na balistické přílbě, nebo na batohu a dokáží na přímém slunci poskytnout elektrický výkon 10W. Solární panel umístěný na batohu lze vidět na obrázku 4.2.

Testovací oddíl americké armády si s sebou na misi v Afghánistánu vzal několik typů zařízení pro využívání světla k výrobě energie. Od mobilních solárních minipanelů pro každého vojáka, které slouží třeba k nabití vysílačky, až po velkou sestavu solárních panelů s baterií, která dodá dostatek energie pro malé základny, včetně elektřiny pro počítače, nebo pro systémy na úpravu vody. Když se oddíl po půl roce vrátil, velení jejich působení vyhodnotilo jako velmi slušný úspěch. Sluneční energie výrazně omezila spotřebu energie během hlídek a pro potřeby předsunutých stanovišť. Dvě z nich fungovala neustále na sluneční energii, u třetí spotřeba klesla na desetinu. Sluneční panely navíc ušetří vojákům během dlouhých pěších hlídek cenné kilogramy zátěže.



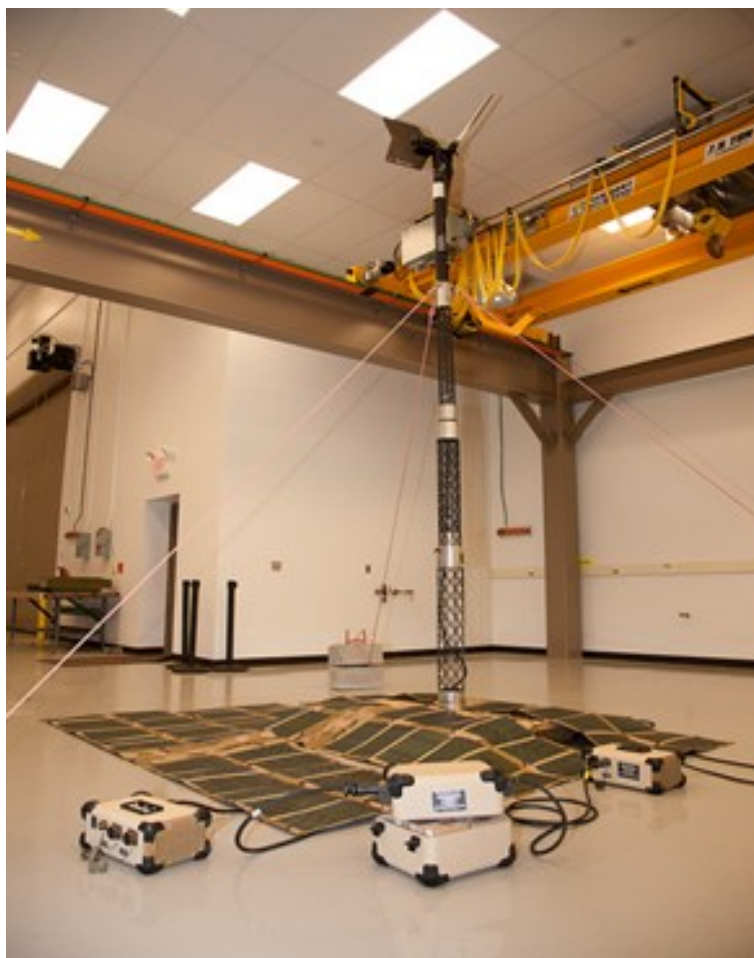
Obrázek 4.3: Solární panel umístěný na batohu

4.1.9 Projekty Renewa a Reduce

V armádě spojených států běží v současné době paralelně dva projekty pro konstrukci mobilních obnovitelných zdrojů, kterými jsou RENEWS a REDUCE. Součástí programů však není jen vývoj vhodných solárních panelů a malých větrných elektráren, ale řeší se také uskladnění vyrobené elektrické energie v bateriích, konstrukce chytrých sítí pro distribuci elektrické energie a standardizovaných přípojek pro nabíjení nejrůznějších elektronických přístrojů. Systém RENEWS lze vidět na obrázku 4.2.

Systém RENEWS se skládá z pružných solárních panelů o rozměru $2,5 \times 2,5$ m našitých na nosné textilii, a centrálního 5 m vysokého stožáru s malou větrnou turbínou. Celé zařízení váží pouze 45 kilogramů a je uloženo ve dvou přepravních boxech. Každý box o váze 31 kg. Systém je při optimálním počasí schopen dodávat dostatek energie pro napájení tří laptopů. Maximální výkon je tedy do 500 W. Součástí zařízení jsou i baterie schopné dodávat energii pro tři laptopy po dobu 10 hodin.

Program REDUCE nebude řešit jen vývoj vhodných zdrojů elektrické energie, ale i inteligentní distribuci a řízení elektrické energie. V podstatě půjde o inteligentní miniaturní elektrickou síť, která dokáže automaticky rozpoznat jednotlivé zařízení, od svítilen přes radiostanice až po počítače. Půjde o zařízení pro větší základny a mobilní stanoviště, kombinující v sobě klasický dieselový generátor, solární panely a větrné elektrárny. Celé zařízení je navrhováno tak, aby mohlo být taženo v přívěsu za lehkým terénním automobilem. [12]



Obrázek 4.4: Rozložená elektrárna RENEWS

Závěr

Bakalářská práce se věnuje problematice zásobování vojenského objektu elektrickou energií a popisuje technologické možnosti, jak lze dosáhnout úspornějších řešení. V dnešní době je dostatek energie alfou i omegou fungování každé moderní armády. Pokud navíc moderní armády operují v oblastech bez potřebné infrastruktury, energetické požadavky jsou o to akutnější. V armádě se velkou částí energie stále plýtvá, ať již používáním neúčinných zařízení, zastaralých vozidel, generátorů s vysokou spotřebou paliva, nebo i používáním neúsporných svítidel. Závislost na fosilních palivech je snížena při výběru vhodného technologického postupu pro výrobu elektrické energie.

Tento proces technologické změny nelze realizovat v krátkém, ani středním období, pouze důsledná strategie v dlouhém období může být úspěšná. Potřebné jsou myšlenky a nápady, směřující k využití celého potenciálu úspory energie, ale také dobré metody pro jejich praktické zavedení v armádě. Vychází se zejména z ekonomických, environmentálních a bezpečnostních hledisek. Navrhované opatření ke snížení spotřeby elektrické energie a závislosti na dovozu fosilních paliv, by mělo být řešeno na mezinárodní úrovni. Úsilí o mezinárodní podporu snižování spotřeby energie při nasazení armády hraje klíčovou roli v upevnění technologického náskoku armády a může přispět k posílení strategické pozice.

Zavedení takové iniciativy pro snížení spotřeby do praxe vyžaduje přijmout politická opatření prostřednictvím doporučení, závazných cílů nebo právních předpisů. Vytvořením důkladného časového plánu a zavedením průběžné kontroly příslušnou komisí. Ministerstvo obrany by mělo mít povinnost nakupovat v rámci veřejných zakázek do svého vozového parku určitý podíl energeticky účinných vozidel. Stejný postup by měl být zaveden pro nákup decentralizovaných OZE, kogeneračních jednotek nebo i úsporných spotřebičů. Nákup by měl být prováděn technologicky neutrálním způsobem, který nezpůsobí narušení trhu ve prospěch jedné konkrétní technologie nebo firmy. Stát by měl cíleně podněcovat investice do technologií v oblasti energetické účinnosti armády, financováním z fondů pro podporu výzkumu.

V současnosti je značné výzkumné úsilí věnováno také řízení spotřeby počítačových systémů a technikám odběru energie, které elektronickým zařízením umožňují odebírat energii pro jejich činnost z okolních zdrojů, jako je například teplo z jiných zařízení nebo sluneční záření. Přibližně 15 % energie používané v budovách, se spotřebuje na osvětlení. Úspory elektrické energie mohou dosáhnout až 50 % používáním LED svítidel. Dalším způsobem snížení spotřeby může být například ovládání pohotovostního režimu stand-by pro osvětlení, topení, chlazení, elektrických motorů, radiokomunikačních a telekomunikačních přístrojů. Množství elektrické energie, která se spotřebuje v pohotovostním režimu, může činit až 10 % celkové spotřeby zařízení. Programy armády by se měli zaměřit také pro dosažení pokroku ve výzkumu technologií, jako jsou palivové články a vodíkový pohon. Všechny tyto technologie lze využívat na armádních nebo humanitárních misích. Překážkou je ale nedostatek financí pro realizaci takových řešení.

Použitá literatura

- [1] MASTNÝ, P. A KOL. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: ČVUT Praha, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [2] EVROPSKÁ KOMISE. Dělat více za méně – Zelená kniha o energetické účinnosti. Lucemburk: Úřad pro úřední tisky Evropských společenství, 2005. ISBN 92-79-00022-5.
- [3] ZEŽULOVÁ, E., ŠTOLLER, J., MAŇAS, P. Životní cyklus základny AČR v zahraničních misích. *Vojenské rozhledy*, 2009, roč. 18 (50), č. 4, s. 107-113, ISSN 1210-3292 (tištěná verze), ISSN 2336-2995 (on line), Dostupné z: <http://www.vojenskerozhledy.cz/kategorie/zivotni-cyklus-zakladen-acr-v-zahranicnich-misich>
- [4] ŠTOLLER, J., ZEŽULOVÁ, E. Skladba základny AČR v zahraničních misích. *Vojenské rozhledy*, 2010, roč. 19 (51), č. 4, s. 121–131, ISSN 1210-3292. Dostupné z: <http://www.vojenskerozhledy.cz/kategorie/skladba-zakladny-acr-v-zahranicnich-misich>
- [5] ZEŽULOVÁ, E., ŠTOLLER, J., MAŇAS, P. Využití konceptu Reach-Back jako podporu stavebního dozoru v zahraničních misích AČR. *Vojenské rozhledy*, 2008, roč. 18 (50), č. 4, s. 52-59), Dostupné z: <http://www.vojenskerozhledy.cz/kategorie/vyuziti-konceptu-reach-back-jako-podporu-stavebniho-dozoru-v-zahranicnich-misich-acr>
- [6] BALCO, P., ZEŽULOVÁ E. Dispoziční řešení stravovacího zařízení a využitelné konstrukční systémy pro jeho výstavby. *Vojenské rozhledy*, 2013, roč. 22 (54), č. 3, s. 95–101, ISSN 1210-3292. Dostupné z: <http://www.vojenskerozhledy.cz/kategorie/dispozicni-reseni-stravovaciho-zarizeni-a-vyuzitelne-konstrukcni-systemy-pro-jeho-vystavbu>
- [7] ZS SEIFERTOVA. Fotovoltaické solární systémy. Dostupné z: <http://www.zsseifertova.ji.cz/sites/default/files/html/slundos/fv.pdf>
- [8] SEIA. Solar energy industries association. Enlisting the sun: Powering the U. S Military with Solar energy. [online] Washington, DC: SEIA, 2013. Dostupné z: <http://www.seia.org/research-resources/enlisting-sun-powering-us-military-solar-energy-2013>
- [9] UNITED STATES ARMY. Base camp facilities standards for contingency operations. USA: Department of the army USA, 2004. Dostupné z: http://www.eur.army.mil/pdf/Red_Book.pdf
- [10] NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL. Working with the Department of Defense: Siting Renewable Energy Development. USA: NRDC, 2013. Dostupné z: http://www.acq.osd.mil/dodsc/library/Siting_Renewable_Energy_Primer_5SEP13_FINAL_WEB.pdf
- [11] ENVIRONMENTAL AND ENERGY STUDY INSTITUTE. DoD's Energy Efficiency And Renewable Energy Initiatives. Washington, DC: Enviromental and Energy Study Institute, 2011. Dostupné z: http://www.eesi.org/files/dod_eere_factsheet_072711.pdf
- [12] GROHMANN, J. Obnovitelná energie pro bojové základny. *Armádní noviny* [online] 2012. Dostupné z: <http://www.armadninoviny.cz/obnovitelna-energie-pro-bojove-zakladny.html>
- [13] GROHMANN, J. Solární stany pro armádu. *Ekologické noviny* [online] 2010. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/solarni-stany-pro-armadu>

- [14] GROHMANN, J. Americká armáda nechce ropu: sází na elektrická auta. Hybrid [online] 2013. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/americka-armada-nechce-ropu-sazi-na-elektricka-auta-0>
- [15] WIKIPEDIA. Camp Bondsteel. Wikipedia [online] 2016. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Camp_Bondsteel
- [16] ALTRON. [online] MMDC ATRON Praha: Altron group, 2015-2016. Dostupné z: www.altron.net
- [17] ŠKORPÍK, J. Sluneční záření jako zdroj energie. Transformační technologie [online] 2015. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>
- [18] ŠEVČÍKOVÁ, L., KLÍMOVÁ, S., ČUPROVÁ, D. Pasivní solární energie - nové trendy. Tzbinfo [online] 2003. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>
- [19] SOLARNI NOVINKY. Německá armáda investuje do mobilních kontejnerů poháněných solární energií. Solární novinky [online] 2015. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2015021601/nemecka-armada-investuje-do-mobilnich-kontejneru-pohanenych-solarni-energi#VxqLpNJ97Dc>
- [20] HOUŠKA, P. Savoniova větrná turbína je levná a jednoduchá. Dřevo a stavby [online] 2013. Dostupné z: <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/technicka-zarizeni/2596-savoniova-vetrna-turbina-je-levna-a-jednoducha>
- [21] ŠKORPÍK, J. Využití energie větru. Transformační technologie [online] 2014. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vetru.html>
- [22] EKOWATT. Větrná energie. Ekowatt [online] 2004. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/vetrna-energie.shtml>
- [23] PATSCH, M., ĎURČANSKÝ, P. Reálna prevádzka mikrokogeneračnej jednotky s palivovým článkom na zemný plyn. ASB – Odborný stavebný portal [online] 2015. Dostupné z: <http://www.asb.sk/tzb/vykurovanie/realna-prevadzka-mikrokogeneracnej-jednotky-s-palivovym-clankom-na-zemny-plyn>
- [24] ALFONS CONTAINER. The best energy is the one you do not have to pay for. Alfons container [online] 2015. Dostupné z: <http://www.alfons-container.com/index.php>
- [25] TRNAVSKÝ, J., Vyhrává ten, kdo uspoří litry paliva. Energie 21 [online] 2015. Dostupné z: <http://energie21.cz/vyhra-ten-kdo-uspori-litry-paliva/>
- [26] EAZK. Energetická agentúra Zlínskeho kraje, o.p.s. EAZK [online] Energetická agentúra, 2016. Dostupné z: <http://www.eazk.cz/wp-content/gallery/pyrol%C3%BDza-Hodslavice.pdf>
- [27] HEDVIGA GROUP. Nový úhel pohledu na získávání energie. Hedviga group, a.s. [online] Frýdek-Místek, 2013. Dostupné z: <http://www.hedviga.cz/>
- [28] ROSETINOR. Pomalý termický rozklad. Rosetnor greenenergy group [online] Ústí nad Labem. Dostupné z: <http://rosetinor.cz/pomaly-termicky-rozklad>